

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV

FAT

SCHRIFTEN REIHE NR.74

ISSN 0933-050X

Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen

– Empirische Ergebnisse –

Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen

– Empirische Ergebnisse –

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung Automobiltechnik eV (FAT)
Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Auftragnehmer:

Psychologisches Institut der Universität Tübingen

Verfasser:

Dr. Berthold Färber,
Dr. Brigitte Färber

Postanschrift:
Postfach 17 05 63 · 6000 Frankfurt/M. 17
Telefon (069) 75 70-1
Drahtanschrift: Autoverband
Telex 4 11 293

Druckerei Henrich
Rheinlandstraße 62
6000 Frankfurt am Main-Schwanheim

Vervielfältigung, auch auszugsweise nur
mit ausdrücklicher Genehmigung der FAT

Vorwort

Betrachtet man bei heutigen Automobilen die Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen, so stellt man fest, daß aufgrund technischer und wirtschaftlicher Zwänge bei deren Auslegung häufig Kompromisse eingegangen werden müssen, die unter Umständen zu Lasten der Ergonomie und der Verkehrssicherheit gehen. Technische und wirtschaftliche Gründe führen zudem zur Anwendung neuer Strukturen und Technologien im Bereich der Mensch-Fahrzeug-Schnittstelle. Dieses Verhalten erfordert objektive Bewertungskriterien um ergonomisch günstige und sicherheitsorientierte Lösungen erkennen zu können.

1985 hatten die BAST und die FAT das Psychologische Institut der Universität Tübingen mit der Durchführung eines Forschungsvorhabens beauftragt, dessen Ziel es sein sollte, das Wissen zu relevanten Gestaltungskriterien systematisch zusammenzutragen (siehe Literaturstudie FAT-Bericht Nr. 64) und mit Hilfe experimenteller Untersuchungen um bedeutsame Aspekte zu erweitern. Weiterhin sollte ein Verfahren entwickelt werden, das geeignet ist, Gestaltungsvarianten von Anzeige- und Bedienelementen unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit zu beurteilen und zu bewerten. Es hat sich gezeigt, daß die Wissenslücken noch zu groß sind, um ein einfaches generell anwendbares Bewertungsschema zu erstellen.

Mit dem durchgeführten Forschungsvorhaben sind jedoch Voraussetzungen geschaffen worden, die dazu verhelfen, Anzeige- und Bedienelemente hinsichtlich jedes Einzelements wie der Gesamtanordnung aller Elemente in Zukunft besser nach Sicherheitsbelangen zu beurteilen und zu gestalten.

Die Zielsetzung und Projektberatung dieses Forschungsvorhabens erfolgte durch den FAT-Arbeitskreis (Ak-2) „Der Mensch als Fahrzeugführer“, dessen Mitglieder im Anhang genannt sind.

Wir danken den wissenschaftlichen Bearbeitern Dr. Brigitte Färber, Prof. Dr. Berthold Färber und ihren Mitarbeitern für den hohen persönlichen Einsatz bei der Durchführung des Vorhabens, der BAST für die wesentliche finanzielle Unterstützung und den Mitgliedern des FAT-Arbeitskreises für ihre Hilfestellung, hilfreiche Diskussionen und Anregungen bei der Projektbetreuung.

FORSCHUNGSVEREINIGUNG AUTOMOBILTECHNIK EV (FAT)

Frankfurt am Main, im November 1988

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Danksagung	1
Abstract	2
0. Zusammenfassung	3
1. Aufgabenstellung und Methode	13
2. Positionsanalyse bei Anzeige- und Bedienelementen	19
2.1. Ziel der Untersuchung	19
2.2. Untersuchte Elemente	19
2.3. Untersuchte Fahrzeuge	20
2.4. Analyseschema	20
2.5. Ergebnisse und Folgerungen	22
3. Defizitanalyse bei Bedienelementen	29
3.1. Defizitanalyse bei Bedienelementen im Lkw-Bereich	31
3.1.1. Stichprobe	31
3.1.2. Bedienelemente	31
3.1.3. Ablauf der Untersuchung und Aufgabe der Versuchsperson	32
3.1.4. Ergebnisse	32
3.1.5. Zusammenfassung	38
3.2. Defizitanalyse bei Bedienelementen im Pkw-Bereich	40
3.2.1. Versuchsdesign	40
3.2.2. Versuchsfahrzeuge	41
3.2.3. Stichprobe	45
3.2.4. Versuchsablauf	45
3.2.5. Abhängige Variablen und Auswertungsschritte ..	46
3.2.6. Ergebnisse	49
3.2.7. Zusammenfassung	76

	Seite
4. Defizitanalyse zu Piktogrammen	80
4.1. Zielsetzung	80
4.2. Untersuchte Piktogramme und Vorgehensweise ...	80
4.3. Stichprobe	82
4.4. Ergebnisse der Befragung	82
4.5. Resümee	91
5. Untersuchung zur subjektiven Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen	92
5.1. Zielsetzung	92
5.2. Vorgehensweise	93
5.3. Stichprobe	93
5.4. Abhängige Variablen	94
5.5. Ergebnisse	95
5.5.1. Zeitbedarf	95
5.5.2. Anzahl der Nennungen von Anzeige- und Bedien- elementen	95
5.5.3. Reihenfolge der genannten Anzeige- und Bedien- elemente	96
5.5.4. Wünsche der Befragten	102
5.6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	102
6. Untersuchungen zu Analog- und Digitalanzeigen	109
6.1. Theoretischer Hintergrund	109
6.2. Feldstudie zur Informationssuche des Fahrers .	111
6.3. Zielsetzung des experimentellen Vergleichs von Analog- und Digitalanzeigen am Beispiel von Tachometer und Bordcomputer	114
6.4. Hypothesen des experimentellen Vergleichs	115
6.5. Experimentelles Design	116
6.5.1. Das Display	116
6.5.2. Variationen des Displays	117
6.5.3. Versuchsdesign	119
6.5.4. Versuchsaufbau	123
6.5.5. Versuchsablauf	124
6.5.6. Aufgaben während der Fahrt	125
6.5.7. Einstellungsmessung	125

	Seite
6.6.	Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen .. 127
6.7.	Abhängige Variablen - Erfassung und Auswertung 127
6.8.	Ergebnisse 129
6.8.1.	Genereller Vergleich zwischen Analog- und Digitaltacho 129
6.8.2.	Einfluß der Situation - Unterschiede zwischen Stadtverkehr und Autobahn 132
6.8.3.	Einfluß der Person - Auswirkung des Alters ... 136
6.8.4.	Einfluß der Person - Auswirkung der Einstellung zum digitalen Tachometer 138
6.8.5.	Einfluß der Person - Änderung der Einstellung im Laufe des Versuchs 140
6.9.	Vorerfahrung und Meinungen der Personen 145
6.10.	Zusammenfassende Bewertung 149
7.	Untersuchung zu Multifunktionsdisplays 152
7.1.	Zielsetzung und grundsätzliche Überlegungen .. 152
7.2.	Hypothesen 154
7.3.	Experimentelles Design 155
7.3.1.	Versuchsdesign 155
7.3.2.	Versuchsaufbau 164
7.3.3.	Versuchsablauf 164
7.3.4.	Aufgaben während der Fahrt 164
7.3.5.	Einstellungsmessung 165
7.3.6.	Vergleich der Displays 165
7.4.	Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen .. 166
7.5.	Abhängige Variablen 166
7.6.	Ergebnisse 167
7.6.1.	Vergleich zwischen den drei Displays 167
7.6.2.	Einfluß der Person - Auswirkung des Alters ... 170
7.6.3.	Einfluß der Person - Einstellung zum Versuchs-Display 172
7.6.4.	Einfluß der Person - Die Displays im subjektiven Vergleich 175
7.7.	Zusammenfassung 179

8.	Experimenteller Vergleich verschiedener Eingabetastaturen und Spracheingabe bei der Steuerung zentraler Dialogsysteme	180
8.1.	Ziel der Untersuchung	180
8.2.	Theoretischer Hintergrund	181
8.3.	Definition der Begriffe "Hardkey", "Softkey", "Menuesteuerung" und "Spracheingabe".....	185
8.4.	Experimentelles Design	187
8.4.1.	Auswahl der zu untersuchenden Steuerungs-Alternativen	187
8.4.2.	Funktionsbereiche	188
8.4.3.	Form der Tastatur	189
8.4.4.	Realisierung verschiedener Tastaturen und ihre innere Struktur	191
8.4.5.	Das Rändelrad	195
8.4.6.	Das Display	196
8.4.7.	Vorgehen des Benutzers bei der Funktionswahl .	199
8.4.8.	Aufbau und Ablauf der Versuche	200
8.4.9.	Aufgaben während der Fahrt	203
8.4.10.	Erfassung der Einstellung	203
8.4.11.	Abhängige Variablen	205
8.4.12.	Stichprobe	206
8.5.	Ergebnisse	207
8.5.1.	Richtige Handlungsausführung bei den verschiedenen Bedienversionen	207
8.5.2.	Zeitbedarf bis zur richtigen Handlungsausführung bei den verschiedenen Bedienversionen	209
8.5.3.	Analyse des Blickverhaltens bei den verschiedenen Bedienversionen	215
8.5.4.	Analyse der Fahrgüte bei den verschiedenen Bedienversionen	220
8.5.5.	Die verschiedenen Bedienversionen in der subjektiven Beurteilung	223
8.5.6.	Vergleich zwischen Spracheingabe und herkömmlicher Bedienung im Kraftfahrzeug	232
8.6.	Zusammenfassung.....	234

	Seite
9. Möglichkeiten der Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen	237
9.1. Erfassung und Bewertung der Beanspruchung des Benutzers	238
9.2. Erfassung und Bewertung der Bedienungssicherheit	241
9.3. Bewertung der Akzeptanz	243
9.4. Eine vorläufige inhaltliche Bewertungsstrategie	245
10. Vorschlag für weitere Forschungsarbeit: Entwicklung eines rechnergestützten Testverfahrens zur sicherheitsorientierten Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen	248
10.1. Grundlage	248
10.2. Ziel	248
10.3. Strategie zur Realisierung des Ziels	248
Literaturverzeichnis	251
Anhang: Mitglieder des FAT-AK 2 "Der Mensch als Fahrzeugführer"	254

Danksagung

Diese umfangreiche empirische Studie entstand unter Mitarbeit von

Sabine Floruß

Friedemann Kuhn, Dipl. Psych.

Helmut Schweiker, Dipl. Psych.,

sowie den Mitarbeitern der mechanischen Werkstätte des Psychologischen Instituts, Hugo Kehrer und Wolfgang Kern

- wir wollen uns herzlich für ihre Mitarbeit bedanken!

Unser Dank gilt auch den Mitgliedern des Arbeitskreises "Der Mensch als Fahrzeugführer" der Forschungsvereinigung Automobiltechnik für ihre vielfältigen Anregungen, die kritischen Diskussionsbeiträge und Hilfestellung bei Problemen.

Bei J.-F. Longchamp vom Institute de Recherches Robert Bosch S.A., Lonay, Schweiz bedanken wir uns sehr herzlich für die Berechnung und die leihweise Überlassung eines optischen Systems.

Abstract

Im Anschluß an die Literaturstudie zu Anzeige- und Bedienelementen (FAT-Schriftenreihe Nr. 64) werden Methoden zur Bewertung erprobt und eine große Zahl empirischer Ergebnisse zu herkömmlichen und künftigen Anzeige- und Bedientechnologien erarbeitet.

Im einzelnen sind dies:

- Gegenwärtiger Stand der Anordnung von Anzeige- und Bedienelementen und ihre Bedeutung für die Verkehrssicherheit.
- Selbsterklärungsfähigkeit und Kompatibilität von Bedienelementen bezüglich Bewegungsrichtung und beabsichtigter Wirkung.
- Möglichkeiten und Grenzen symbolischer Darstellungen (Piktogramme).
- Analoge versus digitale Geschwindigkeitsdarstellung unter Berücksichtigung neuer Technologien.
- Auswirkungen von Multifunktionsdisplays auf die schnelle und sichere Informationsaufnahme und -verarbeitung des Kraftfahrers.
- Gestaltung und Einsatzbereiche eines zentralen Multifunktions-Bedienelements für die Steuerung von Radio-, Klima-, Wegleit- und Bordcomputerfunktionen.

Insgesamt nahmen an den Untersuchungen 426 Personen teil.

Die verwendeten Methoden reichen von der Analyse von Bedienungsanleitungen, intensiven Befragungen, bis hin zu technisch und experimentell aufwendigen Simulatorversuchen. Zur Analyse der besonders sicherheitsrelevanten visuellen Ablenkung vom Verkehrsgeschehen hat sich die Blickregistrierung mittels EOG (Elektro-Okulo-Gramm) als geeignet erwiesen. Wie die Versuche zeigen, ist bislang nur durch den gleichzeitigen Einsatz verschiedener Methoden (z.B. objektiver Verhaltensparameter, Augenbewegungen und subjektiver Ratings) ein zufriedenstellender Vergleich unterschiedlicher Anzeige- und Bedienelemente möglich. Die Wissenslücken sind noch zu groß, um ein einfaches Bewertungsschema zu erstellen, das in Form einer Checkliste abgehakt werden kann. Neben den Kriterien Selbsterklärungsfähigkeit, Kompatibilität von Bedienung und Wirkung, ist vor allem die Bildung logischer Einheiten (z.B. Lichtfunktionen, Klimafunktionen) und die Einbettung in die Gesamtanordnung der Anzeige- und Bedienelemente wesentlich.

0. Zusammenfassung

Einführung

Die vorliegende Studie hat sich zum Ziel gesetzt, Anzeige- und Bedienelemente unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit zu analysieren, um so eine rationalere Basis für die Bewertung verschiedener Realisationen von Anzeige- und Bedienelementen zu schaffen. Bewußt unberücksichtigt bleiben demnach ästhetische oder ökonomische Gesichtspunkte, obwohl Sicherheit nicht zwangsläufig zu Lasten von Ästhetik oder Ökonomie gehen muß.

Als sicher ist ein Anzeige- oder Bedienelement immer dann zu bezeichnen, wenn es schnell, fehlerfrei und mit geringster visueller, motorischer und kognitiver Ablenkung abgelesen bzw. bedient werden kann.

Der Versuch, diesen Grundsatz näher auszuführen und die einzelnen Gestaltungsgesichtspunkte zu gewichten, führt bereits zu erheblichen Problemen: So läßt sich beispielsweise nicht global entscheiden, ob Schnelligkeit oder Fehlerfreiheit bei der Bedienung höher zu werten ist. Dies hängt in starkem Maße von der Funktion des Elements (z.B. Klimaregelung versus Warnblinkanlage), der Disposition und dem Verhalten des Fahrers (z.B. aufmerksam und vorausschauend versus unaufmerksam) und der Verkehrssituation (z.B. vorhersehbar versus kritisch) ab. Die Erstellung einer Bewertungshierarchie für komplette Anzeige- und Bedienelemente würde zudem Wissen voraussetzen über die Wichtigkeit und Wertigkeit von Ablese- oder Bedienvorgängen und über die Konsequenzen von Fehlhandlungen. Der Problembereich "Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen" stellt sich demnach als sehr viel komplexer dar, als es auf den ersten Blick scheint; Patentrezepte sind weder in diesem Bericht enthalten noch in Kürze an anderer Stelle zu erwarten. Die Studie beschränkt sich angesichts der Komplexität der Fragestellung auf die Analyse ausgewählter, aber wesentlicher Teilbereiche, um so einige freie Felder im Problemraum zu füllen.

Für herkömmliche Anzeige- und Bedienelemente sind dies:

- Einheitlichkeit und Bedeutung der räumlichen Anordnung
- Selbsterklärungsfähigkeit, Verlässlichkeit und Erlernbarkeit von Bedienelementen
- Selbsterklärungsfähigkeit symbolischer Darstellungen (Piktogramme)
- Subjektive Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen.

Für neue Anzeige- und Bedientechnologien wurden untersucht:

- Analog- vs. Digitalanzeigen (am Beispiel von Tachometer und Bordcomputer)
- Multifunktionsdiplays
- Zentrales Multifunktions-Bedienelement mit Funktionstasten, Cursorsteuerung, Softkeys und Spracheingabe.

Methodik und Stichprobe

Die Analyse so unterschiedlicher Fragestellungen erfordert ein breit gefächertes Methodeninventar. Es umfaßt die Analyse von Bedienungsanleitungen und Prospektmaterial, freie und strukturierte Befragungen, subjektive Einschätzungen, Verhaltensbeobachtungen und Experimente im Feld, sowie Versuche in einem Fahrsimulator mit Display- und Außensichtsimulation.

Insgesamt nahmen 426 Versuchspersonen an den Versuchen teil. Je nach Methode und Fragestellung schwankt die Stichprobengröße zwischen 12 und 102 Probanden.

Ergebnisse

Verdichtete Ergebnisdarstellungen bergen stets die Gefahr von Fehlinterpretationen. Für die Ergebnisse zur Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen gilt dies in besonderer Weise, da viele Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Einige wurden bereits in der Einführung genannt. Darüber hinaus besteht vor allem die Gefahr, einen bestimmten Gesichtspunkt zu stark zu Lasten anderer zu bewerten. Ein Beispiel ist etwa die Verwendung symbolischer Anzeigen anstelle von Schriftfeldern. Piktogramme zeichnen sich zweifelsohne durch positive Eigenschaften, wie kürzere Ablesezeiten, Sprachunabhängigkeit, Selbsterklärungsfähigkeit aus. Diese

unbestreitbaren Vorteile werden durch die Vielzahl bislang entwickelter Piktogramme (107 verschiedene Symbole) teilweise wieder zunichte gemacht (vgl. die Ergebnisse über Piktogramme).

Welche Bedeutung darüber hinaus bei der Gestaltung selbst kleinen Details zukommt, zeigt die Gestaltung des Warnblinkschalters im nächsten Abschnitt. Die Ergebnisse sind also nicht als Rezepte zu verstehen, sondern als eine Sammlung von Erkenntnissen, die bei ihrer Umsetzung in die Praxis mit anderen Anforderungen in Einklang gebracht werden müssen.

Räumliche Anordnung und Auslegung von Anzeige- und Bedienelementen

Zur Positionsanalyse von Anzeige- und Bedienelementen werden 48 Fahrzeuge von 20 verschiedenen Herstellern (Baujahr 1985) anhand von Bedienungsanleitungen und Prospekten analysiert. Sehr einheitliche Positionen nehmen die Elemente Tachometer, Drehzahlmesser, Anzeige für Treibstoff und Kühlmitteltemperatur, Blinker und Heizungsbedienung ein. Obwohl sich auch für die sicherheitsrelevanten Elemente "Wischerhebel" und "Schalter für die Warnblinkanlage" deutliche Häufungen des Anbringungsorts zeigen, ist die Anordnung nicht so einheitlich, wie es für eine schnelle und sichere Bedienung wünschenswert wäre. Der Wischerhebel befindet sich links und rechts von der Lenksäule, der Schalter für die Warnblinkanlage ist in den verschiedenen Fahrzeugen in einem großen Bereich verstreut. Speziell für dieses selten, aber zeitkritisch benutzte Element wäre eine Vereinheitlichung anzustreben.

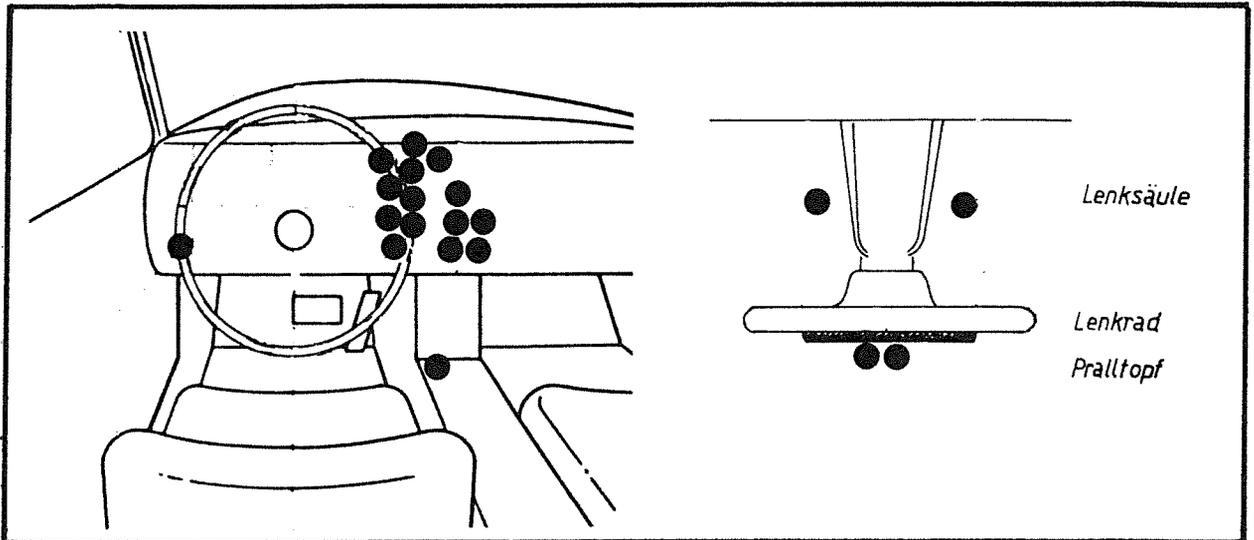


Abb. 0.1: Position des Bedienelements für die Warnblinkanlage

Die totale Normierung aller Anzeige- und Bedienelemente ist aber keineswegs erforderlich. Neben der Position kommt auch der Ausführung und der Einbettung in die Gesamtanordnung eine wesentliche Bedeutung zu. Ein Experiment mit 75 Versuchspersonen in 6 verschiedenen Fahrzeugen macht dies deutlich. Verglichen wurden Audi 100 (Bj. 1982), BMW 316, Ford Fiesta, Mercedes 190, Opel Kadett (alle Baujahr 1985) und Porsche 944 (Bj. 1986). Für die Heizungsregulierung erwiesen sich sowohl die beiden vertikalen Schieberegler des Opel Kadett, wie auch die zwei Drehknebel des Mercedes 190 als sehr gut gelungene Lösungen.

Eine entscheidende Bedeutung für die schnelle und sichere Bedienung kommt der Kompatibilität des Bedienelements mit der intendierten Bewegungsrichtung und der beabsichtigten Wirkung zu. So ist die intuitive Betätigung eines Stockschalters vertikal, wobei die Bewegung nach oben "ein", die nach unten "aus" bedeutet. Das Drücken auf einen Stockschalter ist aus Benutzersicht unlogisch und führt zu langen Reaktionszeiten. Besonders bei der Hupe, die in eintürigen Fahrzeugen durch Drücken des Blinkerhebels betätigt wird, führen die langen Lösungszeiten zu einem überflüssigen Sicherheitsrisiko.

Ein weiteres interessantes Beispiel für Kompatibilität und intuitive Betätigung stellt der Knopf der Warnblinkanlage beim Ford Fiesta dar. Der Knopf ist gut sichtbar und gut erreichbar auf der Lenksäule angebracht. Die Verdickung am oberen Ende des Knopfes verleitet aber zu einer falschen Betätigung (ziehen statt drücken). Die Folge sind wiederum lange Reaktionszeiten bis zur richtigen Handlungsausführung.

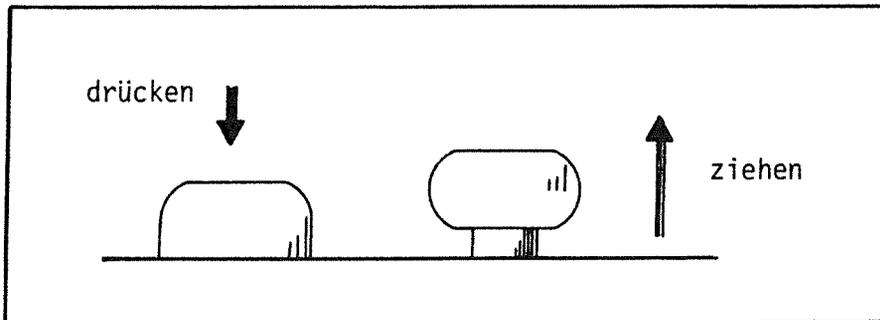


Abb. 0.2: Zwei verschiedene Tastenformen, die unterschiedliche Bewegungsrichtungen zum Betätigen nahelegen

An diesem Beispiel wird noch einmal deutlich, daß auch kleine Details prinzipiell gute Lösungen zunichte machen können. Es genügt also nicht zu prüfen: Ist der Schalter im optimalen Greif- und Sehraum des/der 95-Perzentil-Mannes/-Frau plaziert? Vielmehr muß zusätzlich berücksichtigt werden: Ist seine Auslegung selbsterklärend und wie ist die Einbettung in andere Elemente? Gerade die Selbsterklärungsfähigkeit spielt im Automobilsektor eine bedeutsame Rolle. In Abweichung von der Luftfahrt oder der industriellen Fertigung sieht der Benutzer keine Veranlassung zum Erlernen bestimmter Funktionen oder zur Fahrtvorbereitung. Er macht sich - vor allem bei kurzfristigem Fahrzeugwechsel - während der Fahrt mit dem neuen System vertraut.

Der Gesichtspunkt, möglichst viele Funktionen im optimalen Greifraum des Fahrers anzuordnen, führt zu Multifunktionsschaltern, die oft inhaltlich völlig verschiedene Funktionen in sich vereinen und zudem zu schwer unterscheidbaren, nicht kompatiblen Bewegungen führen (Drehen am Blinker-

hebel um die verschiedenen Wischerstufen zu aktivieren, Drücken auf den Blinkerhebel zur Betätigung der Scheibenwaschanlage). Diese Art von Bedienelementen sind ein Beispiel für die Überbewertung eines Gesichtspunkts (Erreichbarkeit) unter gleichzeitiger Mißachtung anderer, ebenso wichtiger Gesichtspunkte. Das Gesamtergebnis ist unbefriedigend. Nur die Optimierung von

- Position
- Bewegungskompatibilität
- Selbsterklärungsfähigkeit
- Unterscheidbarkeit
- weiteren ergonomischen Aspekten (z.B. Farbe)

garantiert eine sichere und schnelle Bedienung. Eine generelle Hierarchie dieser Gesichtspunkte kann aber nicht erstellt werden, da die ungünstige Ausprägung eines Gestaltungsgesichtspunktes die Vorteile der anderen fast völlig aufheben kann. Beim Abwägen der einzelnen Gesichtspunkte ist die Bedeutung der Ablenkung zu berücksichtigen. Hier ist es möglich, eine hierarchische Ordnung zu bilden:

Kognitive Beanspruchung ist am ehesten zu tolerieren; motorische Beanspruchungen nehmen eine Mittelposition ein, wenn sie folgende Randbedingungen erfüllen:

- die motorische Ablenkung muß sich auf eine Hand beschränken
 - die normale Sitzposition darf nicht verändert werden
 - motorische Ablenkung darf nicht mit visueller Ablenkung gekoppelt sein.
- Visuelle Ablenkung vom Verkehrsgeschehen durch Ablese- und Bedienvorgänge ist als besonders kritisch einzustufen, da Blickzuwendung zu einem Element im Fahrzeuginnenraum die visuelle Aufnahme von Informationen aus dem Verkehrsumfeld völlig unterbricht. Können nicht alle Anzeige- und Bedienelemente bezüglich aller Kriterien optimiert werden, ist eine Orientierung an dieser Bewertungshierarchie sinnvoll.

Bildung funktionaler Einheiten

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist die Bildung funktionaler Einheiten wichtiger als die Normierung der Position. Durch funktionale Einheiten (z.B. Zusammenfassung aller Lichtfunktionen an einem Ort) kann sich der Fahrer eine Struktur aufbauen, die ihm das Auffinden der Elemente erleichtert und damit die visuelle Ablenkung minimiert. Besonders kritisch sind daher Sonderausstattungen von Anzeige- und Bedienelementen, die meist ohne Berücksichtigung ihrer sinngemäßen Zugehörigkeit an noch freien Plätzen im Kfz untergebracht werden. Beispielsweise werden hier auf einem Feld Funktionen, wie Nebelscheinwerfer, Sitzheizung und Überblendregler des Radios, die inhaltlich nichts miteinander zu tun haben, zusammen gruppiert. Als Gestaltungsprinzip muß daher ein Top-down-Ansatz gelten, der Zusatzausstattungen als Leerstellen bei der logischen Klasse von Bedienelementen vorsieht (z.B. Nebelscheinwerfer bei den Lichtfunktionen).

Symbolische Anzeigen

Der Wert von Piktogrammen als selbsterklärungsfähige, sprachfreie und schnell erfaßbare Zeichen ist einerseits unbestreitbar, andererseits durchaus begrenzt. Während einige Symbole wie Warnblinkanlage, Fernlicht oder Intervall-Scheibenwischer von mindestens 85% der Befragten (n = 85) richtig erkannt wurden oder zumindest dem richtigen Bereich zugeordnet werden konnten, sinkt das Verständnis für andere, wie etwa Rückspiegelverstellung oder Motorkühlmittelstand, auf unter 50 %. Die Erklärung dürfte in der Menge der bislang erzeugten Piktogramme liegen: Die Zahl von 107 nach DIN genormten Zeichen ist zu groß, um selbsterklärungsfähig und differenzierbar zugleich zu sein. Empfohlen wird die Beschränkung auf wenige, wohl unterschiedene Symbole. Reicht diese Menge von Symbolen zur Darstellung der vielfältigen Fahrzeugfunktionen nicht aus, sollte Sprachausgabe als Alternative in Betracht gezogen werden.

Gestaltung aus Benutzersicht

Die Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen kann nicht ohne Einbeziehung der Benutzer erfolgen. Die subjektive Bewertung kann ebenso bedeutsam sein, wie objektive Ergebnisse über Ablenkung oder Bedienungs-

sicherheit. Ergonomie ist ohne Akzeptanz nicht denkbar. Aus diesem Grunde ist es wichtig zu erfahren, wie Benutzer ihr Auto sehen, d.h. was sie als besonders wichtig und was sie als eher peripher betrachten. In einer Befragung sollten Kraftfahrer spontan nennen, welche Anzeige- und Bedienelemente ihr Fahrzeug enthält.

Bei Lkw- und Pkw-Fahrern sind es durchschnittlich 9 - 11 Elemente, die dem Benutzer so präsent sind, daß er sie ohne Hilfen nennen kann. Darüber hinaus beschäftigt sich eine kleinere Gruppe von Pkw-Fahrern intensiver mit ihrem Fahrzeug und kann ca. 28 Elemente nennen. Lkw-Fahrern sind die Anzeigen wesentlich wichtiger als Pkw-Fahrern, und zwar speziell die Kombination aus Tachometer, Drehzahlmesser und gewähltem Gang. Pkw-Fahrer würden sich als Sonderausstattung vor allem ein besseres Radio und ein Schiebedach wünschen.

Analoge versus digitale Anzeigen

Die Einführung neuer Anzeigetechnologien (LCD, LED, VFD) wirft erneut die Frage nach analoger bzw. digitaler Informationsdarstellung auf. Zunächst werden ein digitales und ein analoges Tachometer im Feldversuch verglichen. Die Ergebnisse machen deutlich, daß die Geschwindigkeitseinschätzung primär aufgrund anderer Parameter erfolgt (Veränderung des visuellen Feldes, Fahrgeräusche, Vibrationen etc.) und das Tachometer nur zur Bestätigung oder Verwerfung einer Hypothese über die gefahrene Geschwindigkeit dient.

Die Wirkung des digitalen Tachometers in Kombination mit einem (digitalen) Bordcomputer, wieder im Vergleich mit einem analogen Tachometer, wurde in einem Fahrsimulator untersucht. Hier weist der Digitaltacho kürzere, aber häufigere Blickzuwendungen als der Analogtacho auf (Differenz 100 msec). Da dieser Effekt vor allem in der reizärmeren Umgebung "Autobahnfahrt" auftritt, ist von einem (physiologisch bedingten) Orientierungsreflex, ausgelöst vom schnellen Ziffernwechsel des Digitaltachos, auszugehen. Im Grunde sind kürzere Blickzeiten günstiger als längere, berücksichtigt man jedoch, daß der Fahrer das analoge Tachometer ablesen kann, wenn er es wünscht, während er beim digitalen Tachometer durch einen physiologisch bedingten Orientierungsreflex von außen zum Ablesen veranlaßt wird, so ist doch der Selbststeuerung des Benutzers der Vorrang

zu geben.

Als Schwierigkeit für das digitale Tachometer bleibt bislang die vermittelte Genauigkeit der Anzeige bestehen. Um das Flimmern des ständigen Zahlenwechsels zu vermeiden, werden verschiedene Dämpfungsalgorithmen eingesetzt. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt existiert noch keine befriedigende technische Lösung, die verhindert, daß bei scharfen Bremsmanövern der Tacho noch 20 km/h o.ä. anzeigt, obwohl das Fahrzeug schon steht. Die suggerierte Genauigkeit eines digitalen Wertes steht im Widerspruch zu diesem Fehler und kann bei den Benutzern zu Irritationen führen.

Multifunktionsdisplays

Große Probleme resultieren - wie das Experiment über variable und komplexe Displays zeigt - aus der Informationsfülle und der Unterscheidbarkeit verschiedener Anzeigen.

Drei Displays wurden einem Vergleich unterzogen:

- ein gut gestaltetes, das wenig Information immer an derselben Stelle darbietet (Verläßlichkeit und Gestalt gut)
- ein gut gestaltetes Multifunktionsdisplay, das die Informationen an wechselnden Positionen darstellt, also den vorhandenen Platz optimal ausnutzt (Verläßlichkeit gering, Gestalt gut)
- ein verläßliches mit schlechter Gestalt.

Für die Displaygestaltung läßt sich aus dem Simulatorversuch ableiten: Am besten ist ein Display mit wenig Informationen, hoher Verläßlichkeit (alle Infos an einem festen Ort) und gut unterscheidbarer Gestalt.

Müssen aufgrund technischer Randbedingungen viele Informationen auf engem Raum dargeboten werden, so ist ein Display mit wechselndem Erscheinungsbild dem Display mit hoher Informationsdichte vorzuziehen. Wichtig ist vor allem, daß jede Information eine möglichst unverwechselbare und klare Gestalt aufweist.

Variable Bedienelemente

Das Dilemma des Konstrukteurs, viele einzelne Bedienelemente im Innenraum zu verteilen oder sie in Kombischaltern zusammenzufassen, kann möglicherweise mit einem zentralen Bedienelement mit variablen Funktionen gelöst werden. Durch ein Experiment im Fahr Simulator wurden vier ver-

schiedene Möglichkeiten geprüft: Die Auswahl der Funktionen aus einem Menue konnte über Softkeys (Tasten mit variabler Bedeutung), Cursor, einer Kombination aus Hardkey und Cursor oder per Spracheingabe erfolgen. Der Vergleich erfaßt objektive Werte, wie Lösungszeiten, Blickdauer und Blickhäufigkeit auf das Bedienelement, Reaktion auf kritische Verkehrsereignisse und subjektive Einschätzungen durch die Probanden.

Erwartungsgemäß zeigt die Spracheingabe die besten Ergebnisse in allen Meßwerten. Bei der manuellen Bedienung erweist sich die Softkey-Steuerung den beiden anderen Realisationen als überlegen. Der subjektive Vergleich dieser neuen Bedientechnologie mit herkömmlicher Bedienung macht aber auch deutlich, daß Benutzer für bekannte Funktionsbedienungen, wie die Regulierung von Heizung und Lüftung oder des Radios, die herkömmliche Bedienung bevorzugen. Steuerungen per Softkey stellen eine sinnvolle Alternative für die Bedienung neuer Systeme, etwa Wegleitungs- oder Fahrerinformationssysteme, dar.

1. Aufgabenstellung und Methode

Diese Studie soll einen Beitrag zur Erhöhung der aktiven Verkehrssicherheit leisten. **Aktive Verkehrssicherheit** setzt sich bekanntlich aus mehreren Aspekten zusammen: sie umfaßt nicht nur häufig als Beispiele genannte Elemente, wie Fahrwerk (z.B. aktive Federung) und Bremsen (z.B. ABS), ebenso wichtige Aspekte liefert die Gestaltung des **Fahrzeuginnenraums**. Besonders in kritischen Situationen oder bei hoher Beanspruchung des Fahrers ist fehlerfreies und schnelles Handeln von großer Wichtigkeit. Übermäßige Ablenkung durch Informationsaufnahme und Bedienung beeinträchtigen die Sicherheit der Fahrzeugführung. Obwohl es im Bereich der Anzeige- und Bedienelemente eine Reihe von günstigen Detaillösungen gibt, werden aus technischen, ökonomischen oder gestalterischen Gründen Kompromisse eingegangen, die unter Umständen zu Lasten der Ergonomie und der Verkehrssicherheit gehen. Eine Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen unter dem Sicherheitsaspekt ist daher dringend nötig. Weitere Problembereiche der Gestaltung von Fahrzeugausrüstungen sind beispielsweise die Eingewöhnung für Fahrzeugwechsler, oder die Bewältigung seltener Bediensituationen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es,

- Kenntnisse über Gründe, Häufigkeiten und Folgen fehlerhafter und verzögerter Informationsaufnahme und Bedienung zu beschaffen,
- sicherheitsorientierte Kriterien zur Gestaltung von Informations- und Bediensystemen zu erarbeiten und dabei neue Technologien und neue strukturelle Möglichkeiten einzubeziehen,
- Verfahren zu entwickeln und zu erproben, die geeignet sind, realisierte Gestaltungsvarianten primär unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit zu beurteilen.

Dabei sollten folgende Bearbeitungsschritte Berücksichtigung finden:

- Literaturanalyse,

- Sammlung und Auswertung vorhandener Kenntnisse in Industrie und Forschung,
- Befragung und begleitende Verhaltensbeobachtung verschiedener Benutzergruppen unter Variation der Versuchsbedingungen,
- Umsetzung der Ergebnisse in Kriterienentwicklung und in die Erarbeitung von Prüfverfahren,
- Erprobung der Prüfverfahren und Bestimmung ihrer Gültigkeitsbereiche,
- Ergebnisdokumentation und Leitfadententwicklung.

Obwohl der vorgegebene Zeit- und Kostenrahmen dieser umfangreichen Zielsetzung einige Grenzen setzte, konnte ein weitgefächertes Programm realisiert werden:

Durchgeführt wurde eine umfangreiche **Literaturstudie**, für die ca. 440 Titel (Artikel, Forschungsberichte, Monographien) bewertet und, soweit relevant, in die Studie aufgenommen wurden. Sie trägt den Titel "Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen - Grundlagen" und ist in der FAT-Schriftenreihe (Nr. 64) publiziert (FÄRBER & FÄRBER, 1987). Dargestellt und kritisch bewertet wird der augenblickliche Kenntnisstand über die Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen. Um die Einordnung, das Verständnis und die Abwägung widersprüchlicher Ergebnisse in der Literatur zu erleichtern, geht dieser Teil der Studie darüber hinaus auf die Grundlagen der Wahrnehmung und Informationsverarbeitung des Kraftfahrers ein. Der Band bietet dem Anwender umfassende Hilfestellung bei der Lösung seiner Probleme und zeigt auf, in welchen Bereichen der Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen ein besonderer Forschungsbedarf besteht.

Basierend auf der Literaturstudie wurden nun spezifische Problemfelder ausgewählt: durchgeführt wurden **9 Untersuchungen**, je nach Problemstellung in Felduntersuchungen oder im Fahrsimulator. Tabelle 1.1. zeigt eine differenzierte Liste der Untersuchungsgegenstände, Ort und Art der Untersuchung und die Anzahl der Versuchsteilnehmer. Insgesamt nahmen 426 Versuchspersonen teil, wobei die Gruppengröße, wie Tabelle 1.1. zeigt, bei den Laborexperimenten geringer war als bei den anderen Untersuchungen.

Kap.	Thema	untersucht	Ort d. Unters.	Art d. Unters.	Personen
2.	Positionsanalyse von Anzeige- und Bedienelementen	10 Anzeigeelemente 7 Bedienelemente	in 48 Fahrzeugen	Paper/Pencil	Experten
3.1.	Defizitanalyse Bedienelemente Lkw	7 Bedienelemente	in 4 verschiedenen Lkw	Herstellungsmethode	n = 54 Lkw-Fahrer
3.2.	Defizitanalyse Bedienelemente Pkw	7 Bedienelemente	in 6 verschiedenen Pkw	Herstellungsmethode	n = 75 Autofahrer (38 Anfänger, 37 Erfahrene)
4.	Defizitanalyse Piktogramme	14 Piktogramme		Paper/Pencil	n = 85 (43 Bus-/Lkw-Fahrer, 30 Pkw-Fahrer, 12 Experten)
5.	Subjektive Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelem.	Anzeige- und Bedienelemente		Free recall	n = 102 (40 Lkw-Fahrer 62 Pkw-Fahrer)
6.2.	Informationssuche des Fahrers	analoges / digitales Tachometer	Feldstudie 2 Pkw	Introspektion	n = 12 Pkw-Fahrer
6.3.	Vergleich von Analog- und Digitalanzeigen	analoges / digitales Tachometer, digitaler Bordcomp.	Fahrssimulator	Abh. Variablen: - Fahrgüte - Augenbeweg. - Reaktionshäuf. - Reaktionszeit - subj. Bewert. - Einstellung	n = 32 Pkw-Fahrer (davon 16 über 50 Jahre alt)
7.	Multifunktionsdisplays	3 Displays	Fahrssimulator	Abh. Variablen: - Fahrgüte - Augenbeweg. - Reaktionshäuf. - Reaktionszeit - subj. Bewert. - subj. Vergl.	n = 30 Pkw-Fahrer (davon 15 über 50 Jahre alt)
8.	Verschiedene Eingabemodalitäten	Hardkey & Cursor Softkey Menuesteuerung Spracheingabe	Fahrssimulator	Abh. Variablen: - Fahrgüte - Zeitbedarf f. Funkt.wahlen - Richtigkeit b. Funkt.wahlen - Augenbeweg. - Einstellung - subj. Vergl.	n = 36 Pkw-Fahrer
	9 Untersuchungen				n = 426 Vpn

Tab. 1.1: Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen

Bei Laborexperimenten genügen relativ kleine, aber sorgfältig und repräsentativ ausgewählte Stichproben. Im Gegensatz dazu wurden für Umfragen über Wissen oder Meinungen von Kraftfahrern (z.B. Piktogramme, subjektive Wertigkeit) größere Personengruppen herangezogen.

Die Ergebnisse der 9 Untersuchungen sind in diesem Band dargestellt. Sie lassen sich in zwei Bereiche gliedern: eine Bestandsaufnahme der existierenden Realisationen von Anzeige- und Bedienelementen, sowie Untersuchungen zu neuen Technologien.

Erhebung des Ist-Zustands:

Beim gegenwärtigen Stand der Technologie und Auslegung von Anzeige- und Bedienelementen sind folgende vier Problembereiche untersuchenswert:

- Positionsanalyse der wichtigsten Anzeige- und Bedienelemente in gängigen Fahrzeugen (Kap. 2.):
Diese Analyse hat zum Ziel, den Ist-Zustand bei marktüblichen Personenkraftwagen festzustellen, zu klären, welche Elemente in verschiedenen Fahrzeugen in einheitlichen Positionen angetroffen werden und welche Elemente verstreut positioniert sind.
- Erfassung des aktuellen Wissensstandes von Kraftfahrern über die Bedeutung von Piktogrammen (Kap. 4.):
Hier soll geklärt werden, ob das Wissen der Kraftfahrer mit der starken Verbreitung von Piktogrammen gewachsen ist, ob es Piktogramme gibt, die allseits bekannt und daher auch ohne Probleme eingesetzt werden können, oder ob eine andere Lösung für die Informationsübermittlung gefunden werden muß.
- Defizitanalyse zu Bedienelementen im Lkw- und im Pkw-Bereich (Kap. 3.):
Um Bedienelemente optimal gestalten zu können, ist es vorteilhaft, ungünstige Gestaltungsvarianten zu erkennen. Daher muß der Einfluß der Schalterart und der Schalterposition auf die Bedienungssicherheit systematisch untersucht werden.
- Untersuchung zur subjektiven Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen (Kap. 5.):
Es wird erfaßt, welche Anzeige- und Bedienelemente aus der subjektiven Sicht des Benutzers als wichtig bzw. wünschenswert erachtet werden. Diese Analyse kann als Basis für zukünftige Realisierungen dienen.

Fragestellungen aufgrund neuer Technologien:

Die ergonomischen Fragestellungen, die sich aus der Entwicklung neuer Technologien ergeben, können nur zum Teil aufgrund vorhandenen ergonomischen Wissens beantwortet werden. Mit Blick auf künftige technologische Veränderungen im Kfz erscheinen drei Untersuchungsschwerpunkte wichtig:

- Auswirkungen mehrerer digitaler Anzeigen (Kap. 6.):

Obwohl zur Auswirkung digitaler Anzeigen schon eine Reihe von Ergebnissen vorliegen, ist bisher ungeklärt, wie sich zwei oder mehr parallel dargestellte digitale Anzeigen auswirken (z.B. digitales Tachometer und verschiedene digitale Bordcomputerinformationen). Bei der Untersuchung digitaler Anzeigen muß zudem die Frage stärker berücksichtigt werden, welche der Informationen der Benutzer von bestimmten Anzeigen (z.B. vom Tachometer) verwertet.

- Bedeutung und Auswirkung variabler Anzeigen (Kap. 7.):

Im Zusammenhang mit der Entwicklung von Multifunktionsdisplays, die theoretisch beliebige Anzeigen an beliebigen Positionen darbieten können, ist zu untersuchen, in welchem Maße eine Variabilität der Anordnung verschiedener Anzeigen zulässig ist und wie sich Verstöße gegen das Kriterium der "Verlässlichkeit" auf das Verhalten des Kraftfahrers auswirken. Zudem sollen Aufschlüsse gewonnen werden, wieviel Information der Kraftfahrer simultan verfügbar haben möchte.

- Untersuchung zu verschiedenen Arten der Fahrzeugbedienung (Kap. 8.):

Neue Arten von Tastaturen eröffnen völlig veränderte Eingabemodalitäten. Da bisher nicht bekannt ist, wie sie sich auf die Verkehrssicherheit auswirken, werden vier realistische Möglichkeiten zur Bedienung zentraler Dialogsysteme experimentell überprüft: Tasten mit variabler Funktion (Softkeys), Menuesteuerung mit Cursor, Menuesteuerung mit Hilfe eines Cursors in Kombination mit fest definierten Tasten (Hardkeys), Spracheingabe.

Neben der Vielfalt der Fragestellungen kommt ein breites methodisches Spektrum zum Einsatz, das von der Analyse von Bedienungsanleitungen und Prospektmaterialien über Befragungen und Untersuchungen im Felde bis zu komplexen und technisch aufwendigen Simulatorexperimenten reicht. Diese

Breite in der Vorgehensweise ermöglicht es, Empfehlungen abzuleiten, wie verschiedene Realisationen von Anzeige- und Bedienelementen einem rationalen Vergleich zugänglich gemacht werden können (Kap. 9.).

Nicht erstellt wurde ein "Kriterienkatalog" oder "Leitfaden". Für den Einsatz in der Praxis wäre es zwar sinnvoll, ein Instrumentarium zu entwickeln, das - ähnlich einem Expertensystem - die sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in einem frühen Stadium, möglichst schon in der Konzeptphase, erlaubt, d.h. eine physikalische Realisierung und Überprüfung im Fahrsimulator o.ä. weitgehend erübrigt.

Eine einfache Checkliste wäre aber nicht praxisgerecht, da sie entsprechend der Komplexität der Sache äußerst umfangreich ausfiele. Eine Liste von Items wäre bestenfalls ein erster Schritt - ein praxistaugliches Instrumentarium müßte interaktiv und rechnergestützt arbeiten. Diese Entwicklung hätte nicht nur den vorgegebenen Zeit- und Kostenrahmen des Forschungsprojekts gesprengt; die Leerstellen, die vor der Erstellung eines solchen Systems zu füllen wären, sind bislang noch zu groß. Die Autoren hoffen jedoch, mit den vorliegenden Untersuchungen wichtige Wissenslücken geschlossen zu haben und den Anstoß zu weiterführender Forschungsarbeit zu geben - ein entsprechender Projektvorschlag ist in Kapitel 10. dargestellt.

2. Positionsanalyse bei Anzeige- und Bedienelementen

2.1. Ziel der Untersuchung

Der erste, intuitive Eindruck über die Einheitlichkeit des Ortes, an dem sich Anzeige- und Bedienelemente im Kraftfahrzeug befinden, ist eher unbefriedigend: gerade der Fahrzeugwechsler berichtet hier häufig über Probleme, nicht nur bei unterschiedlichen Fabrikaten, sondern auch bei verschiedenen Fahrzeugen desselben Herstellers.

Diese Analyse hat zum Ziel, den gegenwärtigen Stand bei neuen Personenkraftwagen objektiv festzustellen.

2.2. Untersuchte Elemente

Bei der Vielfalt der Elemente ist es sinnvoll, sich auf die wichtigsten (z.B. Tachometer, Bedienelement für Warnblinkanlage) und die häufig vorkommenden (z.B. Drehzahlmesser) zu beschränken.

Untersucht werden die **Anzeigeelemente**

- Tachometer
- Warnblinkanlage (Kontrolle)
- Ölkontrolle
- Kühlmitteltemperatur
- Ladekontrolle
- Anzeige für Licht
- Blinker (Kontrolle)
- Treibstoffanzeige
- Drehzahlmesser
- Uhr

sowie die **Bedienelemente**

- Warnblinkanlage
- Licht
- Blinker
- Scheibenwischer
- Wisch-Wasch-Anlage
- Hupe
- Heizung

2.3. Untersuchte Fahrzeuge

Analysiert werden 48 Fahrzeuge von 20 Herstellern:

- Alfa (33, 90)
- Audi (80, 90, 100 CC)*
- BMW (324d, 325i, 525i)*
- Citroen (BX Digit)
- Daimler-Benz (190, 200D, 200E, T/TD)*
- Fiat (Regata)
- Ford (Fiesta Ghia, Scorpio 4x4, Scorpio CL, Orion L, Sierra Ghia, Escort Ghia)*
- Honda (Accord EX)
- Lancia (Thema)
- Mazda (323, 323 GT, 929)
- Mitsubishi (Colt)
- Nissan (Cherry, Micra)
- Opel (Corsa, Corsa GT, Kadett GSi, Ascona GLS, Rekord GLS, Senator C, Monza GSE, Manta GSi)*
- Peugeot (205)
- Porsche (924 S)*
- Renault (Alpine)
- Saab (90)
- Skoda (105 L)
- Volvo (240)
- VW (Golf GTI, Golf GL, Scirocco GTX, Jetta GL, Passat GL)*

Fahrzeuge von Herstellern, die in der Forschungsvereinigung Automobiltechnik zum Zweck gemeinsamer Forschung zusammenarbeiten, sind hier und in den folgenden Abbildungen mit * markiert.

Als Grundlage unserer Analyse dienen neue Fahrzeuge, Bedienungsanleitungen und aktuelle Prospektmaterialien (Stand: Herbst 1985).

2.4. Analyseschema

Für die Analyse wird das bei PEREL (1974) verwendete Schema, das den Bereich der Armaturentafel etc. umfaßt, modifiziert und um die dritte Dimension (Lenksäule, Lenkrad, Pralltopf) ergänzt. Die Bereiche 0, 1 und 2 repräsentieren den zentralen Bereich der Armaturentafel (vgl. Abb. 2.1).

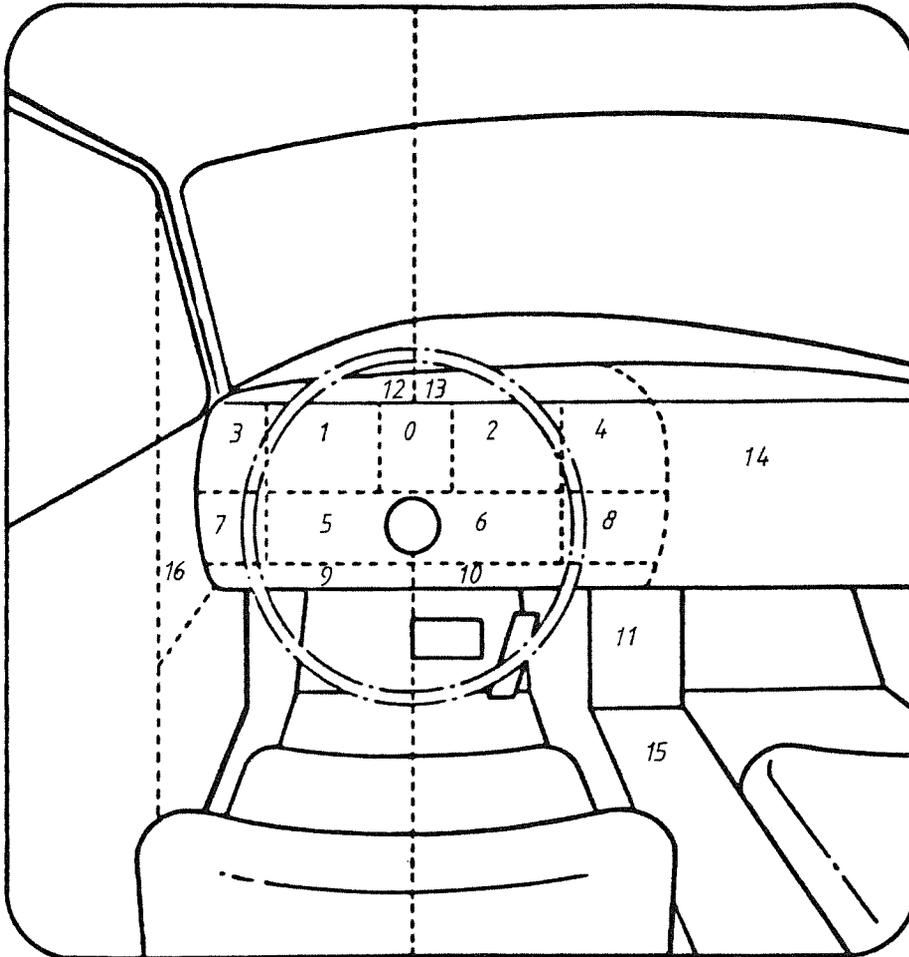
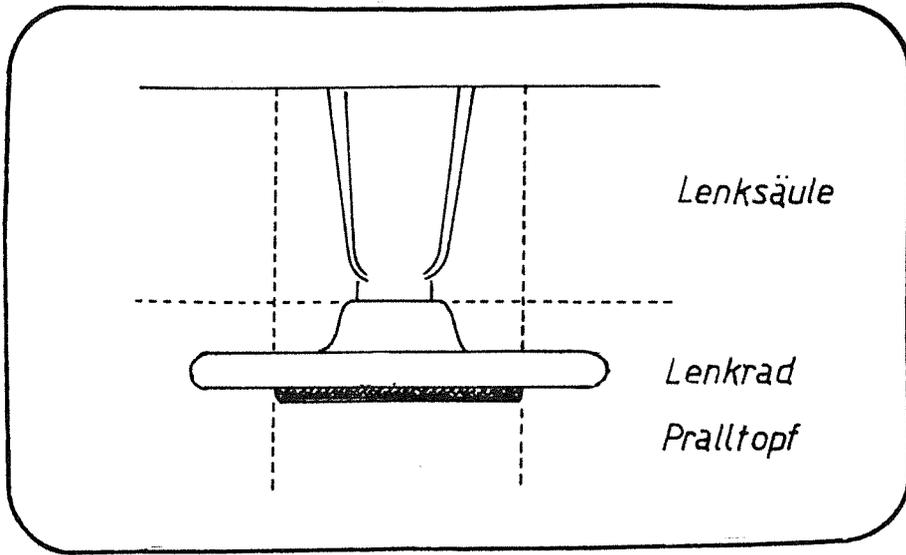


Abb. 2.1: Schemata für die Positionsanalyse

2.5. Ergebnisse und Folgerungen

In Tabelle 2.1. sind die Ergebnisse der Positionsanalyse aufgelistet.

Anzeigeelemente, die bei allen untersuchten Fahrzeugen im zentralen Bereich des Gesichtsfeldes liegen, sind Tachometer (Abb. 2.2) und Drehzahlmesser, soweit vorhanden. Ebenfalls recht einheitlich positioniert sind die Anzeigen für Treibstoff und Kühlmitteltemperatur. Andere, z.T. wichtige Anzeigen, wie Ölkontrolle oder Ladekontrolle, sind nahezu über das gesamte Armaturenfeld verstreut angeordnet (Abb. 2.3).

Bezüglich der **Bedienelemente** ergibt sich folgendes Bild: Bei allen untersuchten Fahrzeugen ist der Blinkerhebel an der linken Seite der Lenksäule angeordnet (Abb. 2.4). Für die Steuerung der Heizung hat sich der Mittelbereich des Fahrzeugs eingebürgert, umfassend die Felder 4, 8, 10/ rechts und 11 (Abb. 2.6). Das Bedienelement Scheibenwischer ist bei allen Fahrzeugen an der Lenksäule angeordnet, in 34 Fällen rechts, in 7 links (Abb. 2.5). Gerade die Anordnung in einem ähnlichen, aber nicht identischen Bereich birgt die Gefahr der Verwechslung.

Anlaß zu ernsthaften Bedenken gibt die Positionierung des Bedienelements "Warnblinkanlage": auf der Armaturentafel rechts (Bereiche 4, 5, 6, 8), Mitte, links, auf der Mittelkonsole (Bereich 15), an der Lenksäule und auf dem Pralltopf. Gerade weil die Warnblinkanlage selten benutzt wird und im Bedarfsfall sofort und ohne Ablenkung vom Verkehrsgeschehen gefunden werden muß, wäre hier eine Vereinheitlichung wünschenswert.

Generell ist zu folgern:

Selten benutzte, zeitkritische Bedienelemente, die sich schwer einer größeren Klasse von Bedienelementen zuordnen lassen (vor allem Hupe, Warnblinkanlage) sollten in eine **einheitliche Position** gebracht werden.

Hieraus jedoch die Forderung nach völliger Vereinheitlichung aller Anzeige- und Bedienelemente abzuleiten, ist nicht intendiert. Im Laufe dieser Studie wird sich wiederholt zeigen, daß die Position zwar ein äußerst wichtiger Gesichtspunkt ist, andere Bewertungsgesichtspunkt jedoch noch hinzu treten können.

Position, entsprechend den Schemata in Abbildung 2.1.

Bereich	0	1	2	Z	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	P	LR	LSI	LSr
Tacho	20	27	1	48															2		1	1
Drehzahlmesser	2	5	27	34																		
Uhr		2	13	15	5				3			1				6						
Anzeige Warnblink	7	1	1	9	2	2									1							
Ölkontrolle	23	8	3	34	1	1	1		4						1							
Kühlmitteltemp.	19	13	10	42	1	1							1									
Ladekontrolle	22	7	2	31	2	7	3					1			1							
Anzeige f. Licht	15	4	11	30	3	2	4	2					1									
Blinkerkontrolle	20	5	6	31							4				1							
Treibstoffanzeige	20	13	12	45	1																	
Schalter Warnblink			3	3	8	2	1	11									1		2		1	1
Licht					13				10		2			1							9	
Blinker																					45	
Scheibenwischer																						7
Wisch-Wasch-Anlage																						34
Hupe																						4
Heizung					10			1		7		9	15						37	4	5	35

Abkürzungen:
 Z : im zentralen Bereich
 P : Pralltopf
 LR : Lenkrad
 LSI : Lenksäule links
 LSr : Lenksäule rechts

Tab. 2.1: Positionsanalyse bei Anzeige- und Bedienelementen

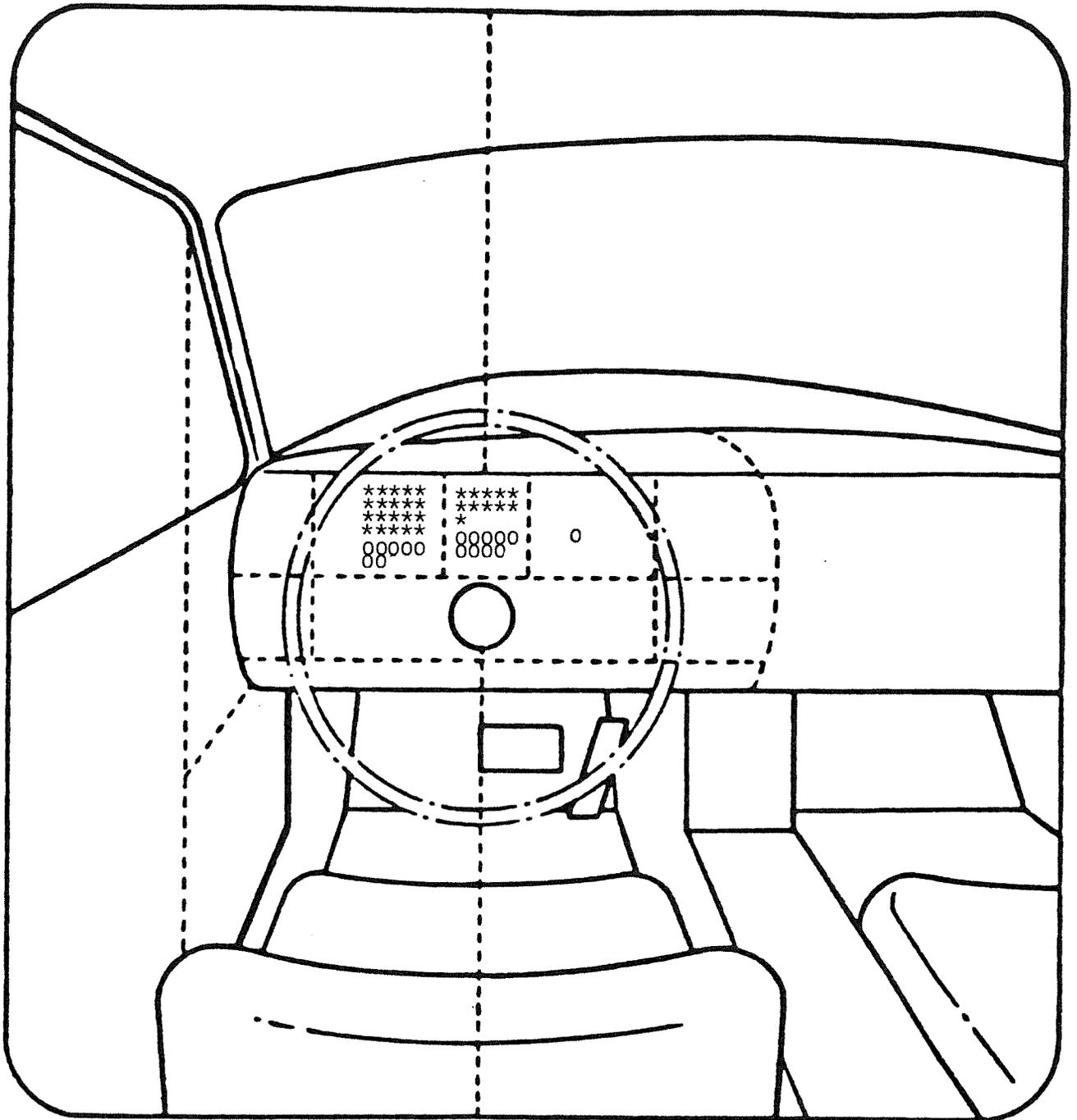


Abb. 2.2: Position des Tachometers

- * : Fahrzeuge, die auch in Kap. 2.3. mit * bezeichnet sind
- o : Fahrzeuge ohne besonderes Zeichen in der Liste

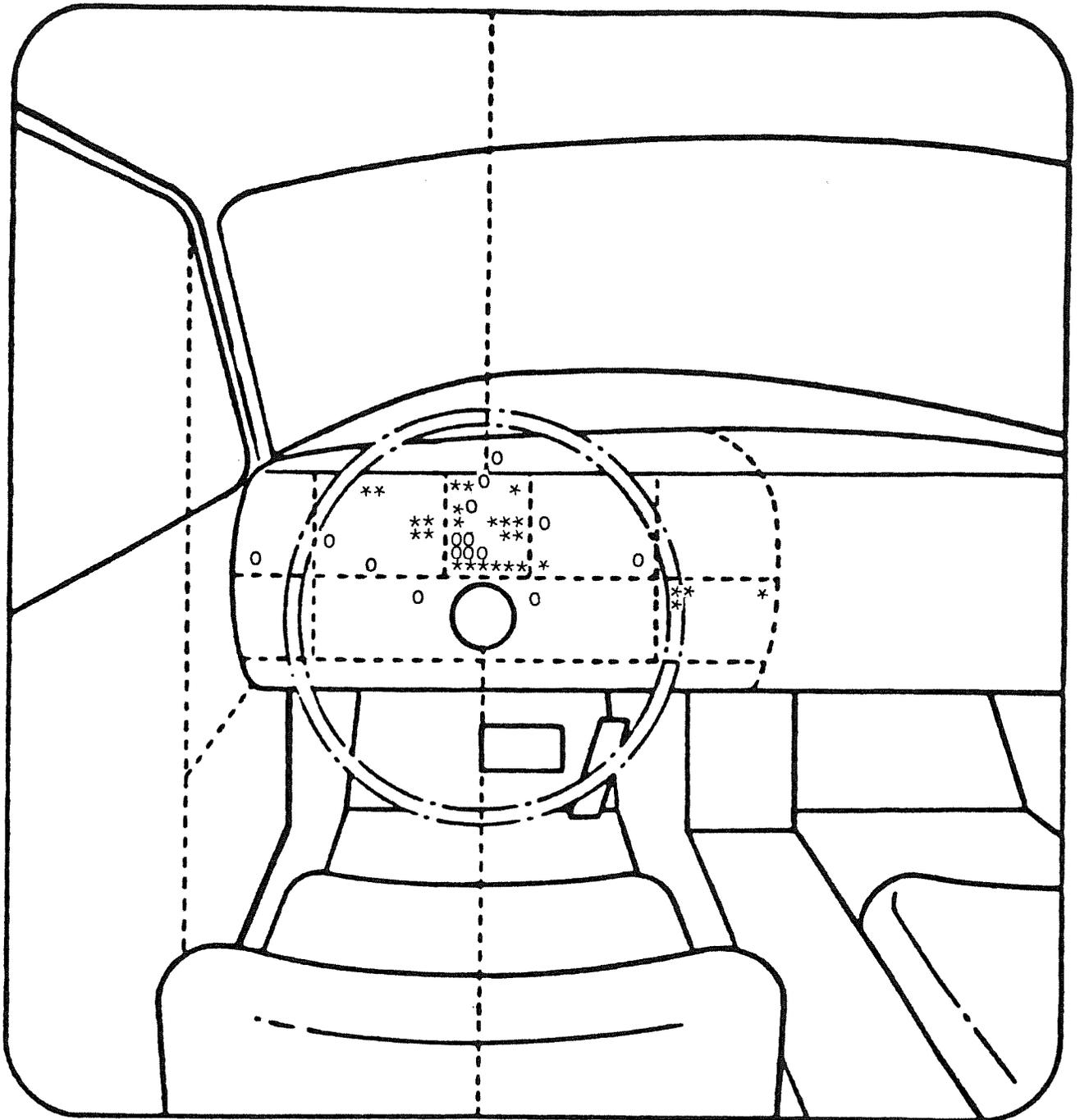


Abb. 2.3: Position der Ölkontrolle

- * : Fahrzeuge, die auch in Kap. 2.3. mit * bezeichnet sind
- o : Fahrzeuge ohne besonderes Zeichen in der Liste

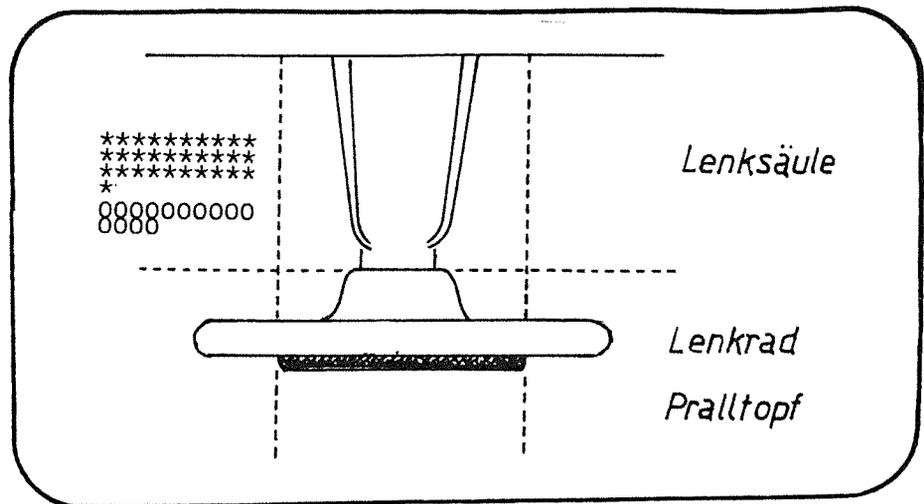


Abb. 2.4: Position des Blinkerhebels

* : Fahrzeuge, die auch in Kap. 2.3. mit * bezeichnet sind
 o : Fahrzeuge ohne besonderes Zeichen in der Liste

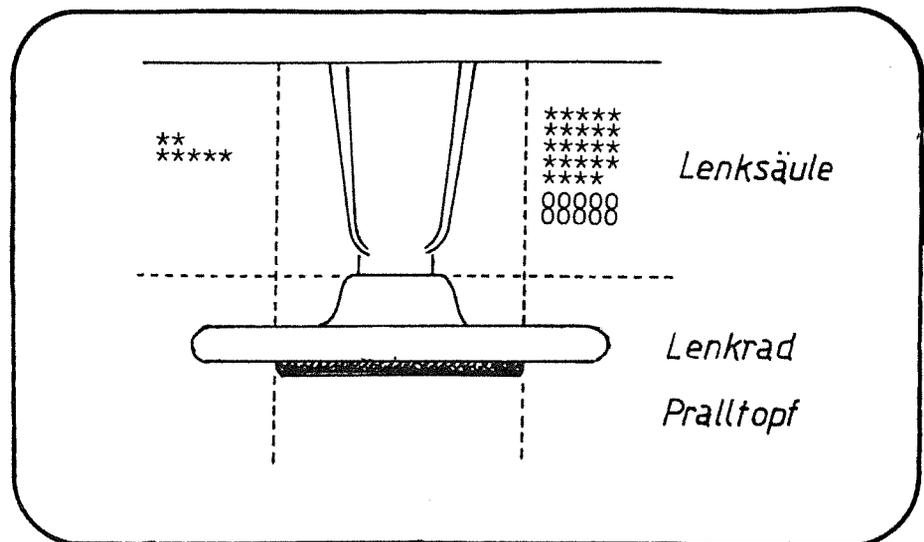


Abb. 2.5: Position des Scheibenwischers

* : Fahrzeuge, die auch in Kap. 2.3. mit * bezeichnet sind
 o : Fahrzeuge ohne besonderes Zeichen in der Liste

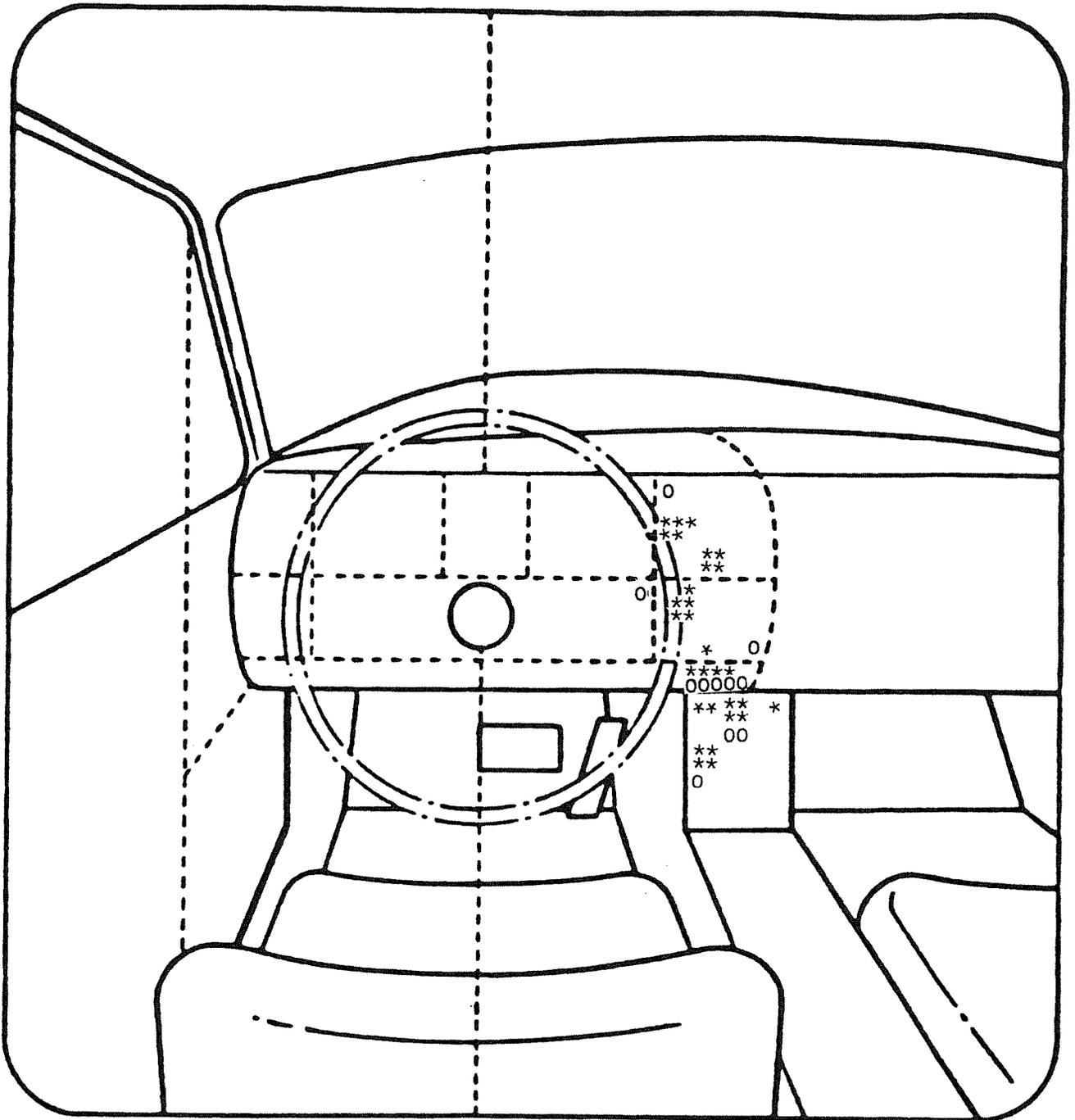


Abb. 2.6: Position des Bedienelements Heizung

- * : Fahrzeuge, die auch in Kap. 2.3. mit * bezeichnet sind
- o : Fahrzeuge ohne besonderes Zeichen in der Liste

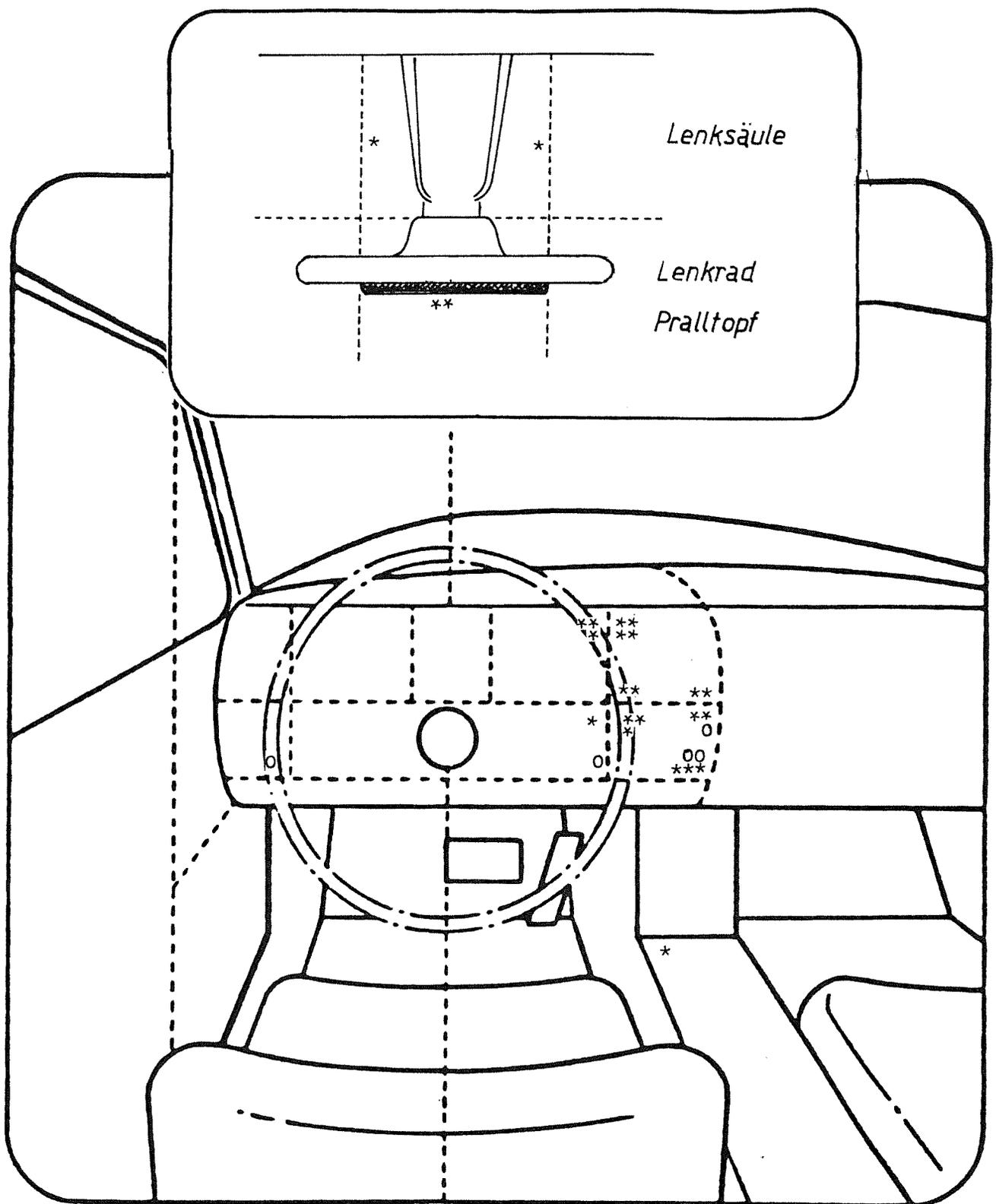


Abb. 2.7: Position des Bedienelements für die Warnblinkanlage

3. Defizitanalyse bei Bedienelementen

Um Anzeige- und Bedienelemente optimal gestalten zu können, ist es zunächst einmal erforderlich, ungünstige Gestaltungsvarianten von Einzelelementen oder von Elementkombinationen zu erkennen.

Ziel der beiden Felduntersuchungen ist die Analyse der Defizite bei Bedienelementen, sowohl im Lkw-, als auch im Pkw-Bereich.

Was bedeutet "optimale Gestaltung"? Im günstigen Fall sind die Elemente selbsterklärend (d.h. der Fahrer erkennt spontan ihre Bedeutung) und zuverlässig (d.h. er trifft sie an der erwarteten Position an). Unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit sollte der Fahrer spätestens nach einmaligem Erklären in der Lage sein, das gewünschte Bedienelement jederzeit sicher zu betätigen. Seit das Automobil ein Massenfabrikat geworden ist, auf dessen Benutzung sich nicht einmal der Berufskraftfahrer besonders vorbereitet, ist ein längerer Lernprozeß aus der Sicht der Verkehrssicherheit nicht vertretbar (Beispiel: Der Schalter für die Warnblinkanlage muß im Bedarfsfalle auf Anhieb gefunden werden, auch wenn der Fahrer ihn erstmals benutzt; ebenso darf die Regulierung der Heizung bei einem kurzfristigen Fahrzeugwechsel nicht zu Problemen führen). Eine längere Lernphase deutet in jedem Falle auf eine weniger günstige Gestaltung hin.

Zur Analyse verschiedener Gestaltungsvarianten bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten an, etwa die Befragung von Autofahrern zu ihren persönlichen Eindrücken und Erfahrungen in ihrem eigenen Fahrzeug, oder die "Herstellungsmethode", d.h. Personen zu bitten, bestimmte Handlungen auszuführen (z.B. Wischer betätigen).

Gegen die **Methode der Befragung** spricht, daß Personen Probleme oft sehr schlecht verbalisieren und konkretisieren können. Vage und allgemein gehaltene Antworten bringen jedoch keinen Wissensgewinn.

Ein weiteres Problem bei Befragungen ist das der "kognitiven Dissonanzreduktion": hat beispielsweise eine Person nach einem schwierigen Entscheidungsprozeß, unter (für sie) hohem finanziellen Aufwand ein Kraftfahrzeug erworben, so wird sie, soweit sie auch nur halbwegs zufrieden ist, die Neuerwerbung positiv darstellen und eventuell bestehende Probleme

herunterspielen oder unerwähnt lassen - anderenfalls würde sie die Richtigkeit ihrer Entscheidung in Frage stellen.

Befragt man jedoch Personen, die schon einen längeren Zeitraum mit einem Fahrzeug umgehen, so kann der Fall eintreten, daß die Fahrer sich an anfänglich bestehende Probleme mit Bedienelementen nicht mehr erinnern bzw. sich an das Problem gewöhnt haben. Gleiches gilt auch für die Befragung von Taxifahrern, die in der Regel zwar nicht Fahrzeugeigner sind, das Problem der kognitiven Dissonanz sich daher nicht stellt, wahrscheinlich aber nur die für sie gravierendsten Schwierigkeiten nennen würden. Diese Annahme ist gerechtfertigt aufgrund von Untersuchungen aus der Arbeitspsychologie. Hier werden betriebliche Probleme verstärkt von Neulingen erkannt, die sich noch nicht an das System gewöhnt oder gar den Zustand der "resignativen Arbeitszufriedenheit" erreicht haben.

Dagegen hat die **Herstellungsmethode** den Vorteil, bei der Benutzung auftretende Probleme, die dem Fahrer gar nicht bewußt sein müssen, offenzulegen. Um die Selbsterklärungsfähigkeit und die Erlernbarkeit der Systeme zu testen, sollen die Versuche in neuen, den Fahrern nicht bekannten Fahrzeugen stattfinden.

3.1. Defizitanalyse bei Bedienelementen im Lkw-Bereich

Die erste Defizitanalyse beschäftigt sich mit den Bedienelementen in Lastkraftwagen. Da es sehr schwierig ist, verschiedene Lastkraftwagen zu Versuchszwecken zu requirieren, wird die Untersuchung auf der Internationalen Automobilausstellung in Frankfurt mit Lkw der Hersteller Daimler Benz (17 Befragte), IVECO (10 Befragte), MAN (26 Befragte) und Ford (1 Befragter) durchgeführt.

3.1.1. Stichprobe

Die Stichprobe umfaßt n = 54 Personen:

n = 28 Berufskraftfahrer mit Führerscheinklasse II, in den Abbildungen mit "Fahrer" bezeichnet.

n = 9 Fuhrparkbesitzer (2/3 mit Führerscheinklasse II), in den Abbildungen als "Unternehmer" bezeichnet.

n = 17 andere Personen, die beruflich mit Lkw zu tun haben, z.B. Automechaniker, Kfz-Verkäufer (davon 13 mit Führerscheinklasse II). Sie werden in den Abbildungen als "Sonstige" bezeichnet.

87 % der Befragten sind somit im Besitz des Führerscheins Klasse II, alle Probanden haben langjährige Fahrpraxis mit Lastkraftwagen.

3.1.2. Bedienelemente

Zur Analyse ausgewählt werden 7 Bedienelemente, die die Bereiche Verkehrssicherheit, betriebsnotwendige Funktionen und Fahrkomfort betreffen:

- Warnblinkanlage
- Abblendlicht
- Nebelscheinwerfer
- Scheibenwaschanlage
- Hupe
- Gebläse für die Frontscheibe
- Heizung und Gebläse im Fußraum

3.1.3. Ablauf der Untersuchung und Aufgabe der Versuchsperson

Personen, die beruflich mit Lastkraftwagen zu tun haben, werden befragt, welche Fahrzeuge sie zur Zeit fahren, ob sich beim Fahrzeugwechsel Probleme ergeben und falls ja, welche.

Anschließend folgt der wichtigste Teil der Untersuchung: die Probanden werden gebeten, nacheinander die sieben Bedienelemente, z.B. das Abblendlicht, zu betätigen (Herstellungsmethode).

Es folgt ein Gespräch, bei dem die Versuchsperson um ihr Urteil bezüglich der Bedienelemente im Testfahrzeug gebeten werden.

3.1.4. Ergebnisse

Ergebnisse zum Bedienen der Funktionen:

In Abbildung 3.1. sind die Ergebnisse, zusammengefaßt für die sieben Bedienelemente, dargestellt. Es wird hierbei unterschieden zwischen

- Handlungen, die auf Anhieb richtig ausgeführt werden
- Handlungen, die beim zweiten Versuch richtig ausgeführt werden
- Handlungen, die falsch ausgeführt werden.

Zwei Drittel der Versuchspersonen kommen spontan zu einer richtigen Lösung. Gelingt die Aufgabe nicht sofort, so sind es jedoch nur noch 10 Prozent, die sozusagen beim zweiten Anlauf zu einer richtigen Handlung kommen. 23 Prozent, dies ist nahezu ein Viertel der Handlungen, sind falsch.

Zum besseren Vergleich sind die verschiedenen Personengruppen in Abbildung 3.1. unterteilt: Die Gruppe der beruflichen Lkw-Fahrer erzielt die besten Ergebnisse, immerhin 82 % richtige Handlungen (74 % + 8 %). Doch selbst bei diesem Personenkreis, der täglich im Fahrbetrieb tätig ist, sind 18 % falsche Lösungen zu verzeichnen!

Die Abbildungen 3.2. bis 3.4. zeigen detailliertere Ergebnisse für die sieben untersuchten Funktionen.

Die Warnblinkanlage liegt mit 91 % auf Anhieb richtigen Handlungen an der Spitze. Dies ist zwar der höchste Wert, der erreicht wurde, doch gemessen an der Wichtigkeit dieses Elements für die Verkehrssicherheit wäre ein

höherer Prozentsatz wünschenswert.

Bei der Heizungsregulierung ist ein hoher Anteil richtiger Handlungen zu verzeichnen: 85 %. Große Schwierigkeiten bereiten das Einschalten des Abblendlichts (41 % richtige), der Nebelscheinwerfer (42 % richtige) und der Scheibenwaschanlage (44 % richtige).

In Tabelle 3.1. sind die wesentlichen Fehlverhaltensweisen aufgelistet.

Aufgabe:	Fehlverhalten:
Abblendlicht	39 % suchen am Kombischalter 7 % schalten Fernlicht bzw. Blinker an
Nebelscheinwerfer	17 % schalten Nebelrücklicht, Rückfahrcheinwerfer ein bzw. regeln Armaturenbeleuchtung
Scheibenwaschanlage	6 % suchen am Kombischalter 6 % hupen 28 % betätigen nur den Wischer 19 % betätigen nur das Wasser ohne zu wischen
Gebläse Frontsch.	9 % suchen nach dem Gebläse
Hupe	7 % suchen unspezifisch 7 % suchen speziell am Pralltopf (Lenkradmitte)
Heizung nach unten	2 % suchen unspezifisch
Warnblinkanlage	7 % suchen unspezifisch 2 % schalten Licht an

Tab. 3.1: Fehlhandlungen, die bei der Aufgabe, die entsprechenden Funktionen zu betätigen, zu beobachten sind

Bedienelemente Gesamtdarstellung

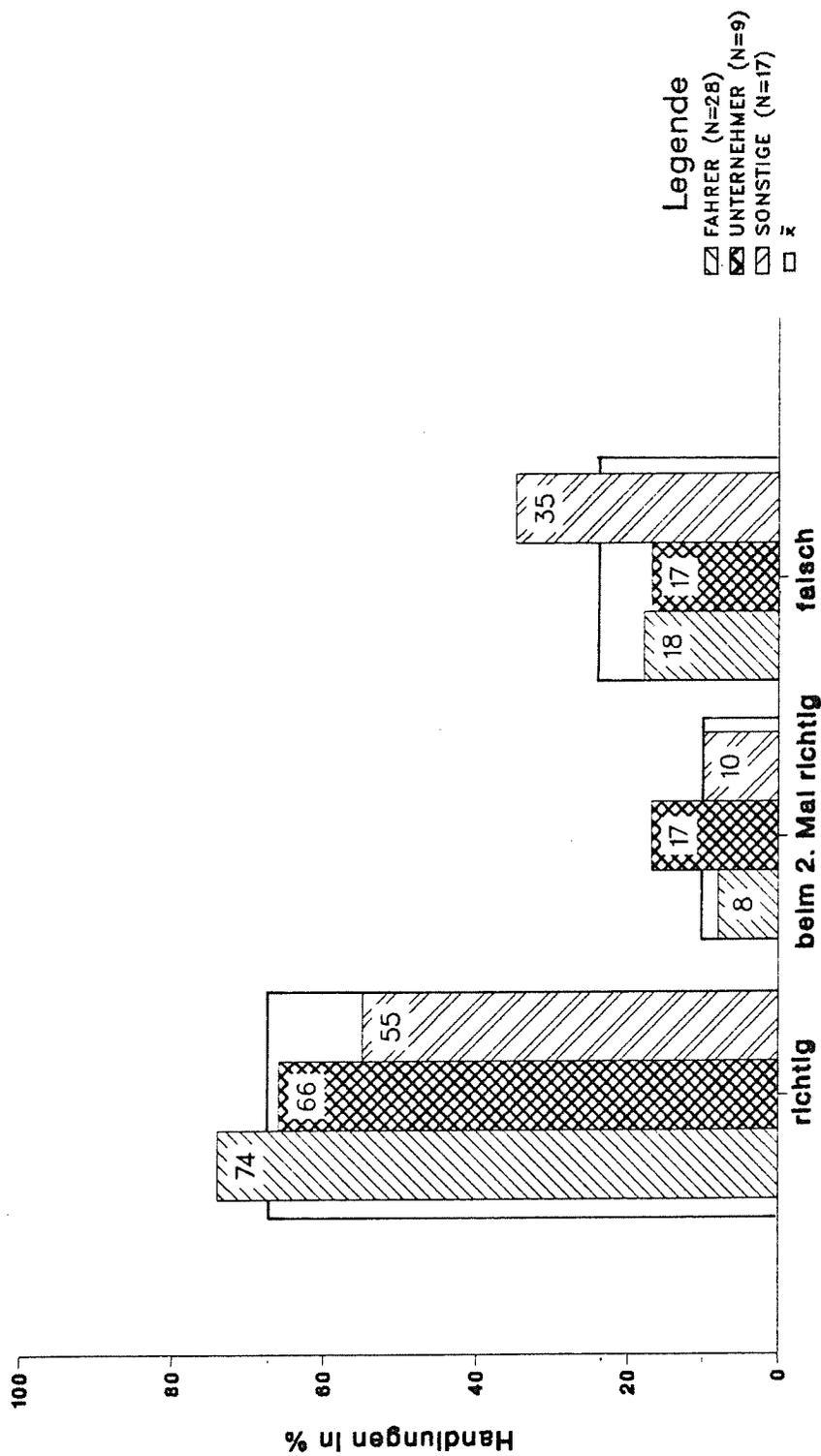


Abb. 3.1: Häufigkeit
 - auf Anhieb richtiger Handlungen
 - beim zweiten Anlauf richtiger Handlungen
 - falscher Handlungen
 beim Betätigen der 7 Bedienelemente

WTSH IBMD
 28-NOV-85 09:38:32

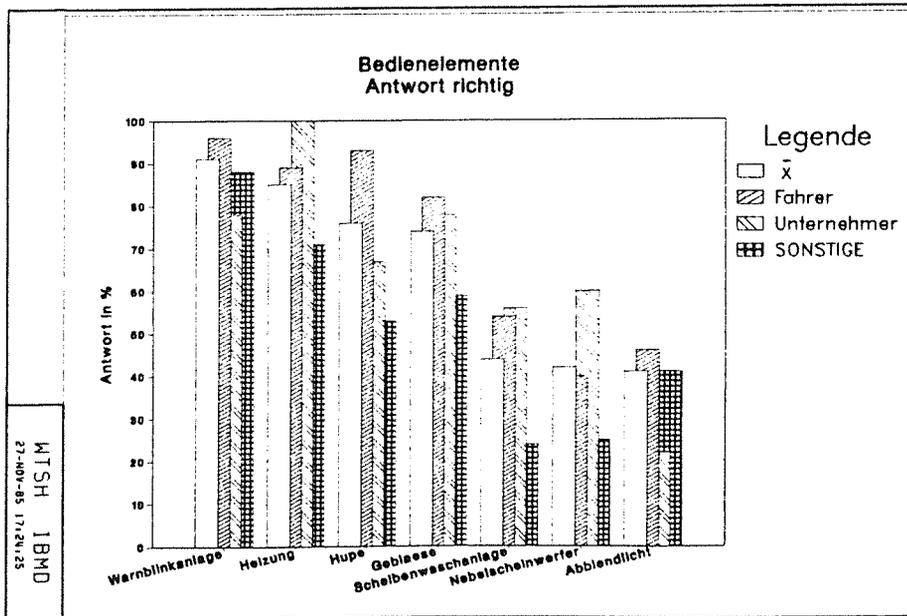


Abb. 3.2.

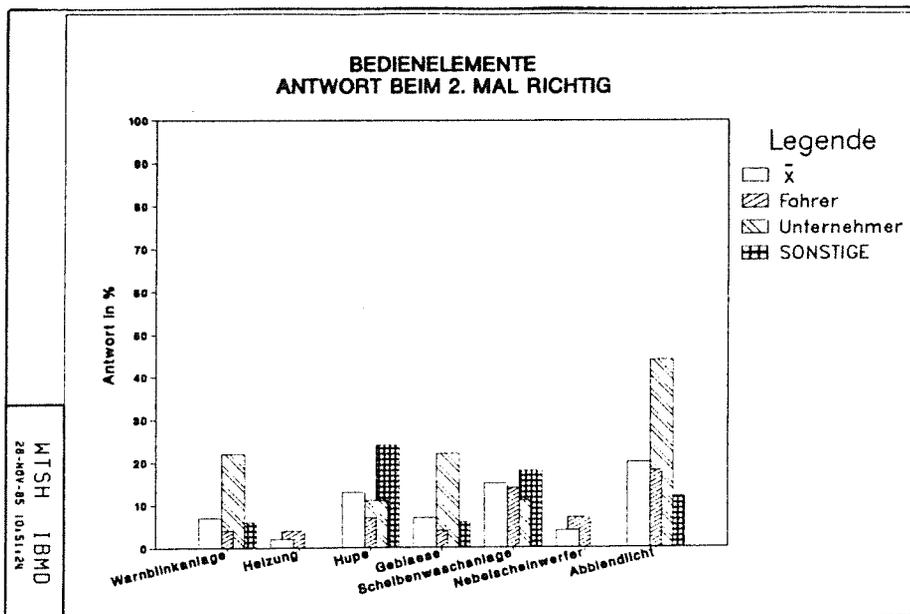


Abb. 3.3.

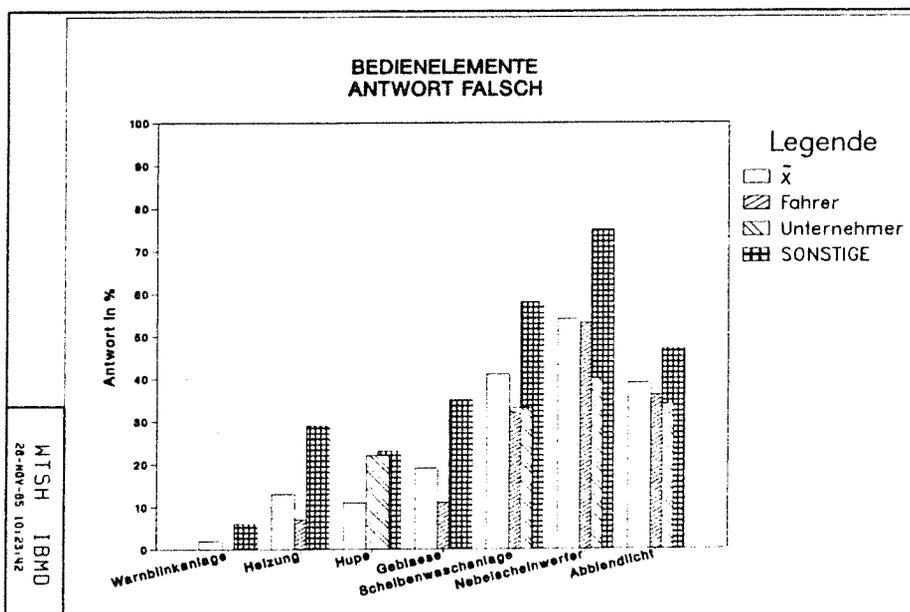


Abb. 3.4.

Abb. 3.2. bis 3.4: Handlung bei den einzelnen Bedienelementen, dargestellt für die Vpn insgesamt (\bar{x}) und die verschiedenen Gruppen (Fahrer, Unternehmer, Sonstige)

Probleme, die beim Wechseln zwischen verschiedenen Lkw-Typen entstehen:

Von den 54 Befragten wechseln 15 nicht auf ein anderes Fahrzeug. 19 der verbleibenden 39 Personen räumen Probleme beim Wechsel von einem Fahrzeug auf ein anderes ein. Tabelle 3.2. gibt Auskunft über die genannten Probleme (Mehrfachnennungen möglich):

Probleme	F	U	S	Summe
anfängliche, durch Umstellung	14%	0%	9%	10%
Probleme mit Anzeigen	14%	0%	18%	13%
Probleme mit Bedienelementen	55%	83%	36%	54%
Probleme mit dem Platzangebot	0%	17%	0%	3%
Anzahl der Wechsler	n=22	n=6	n=11	n=39

Tab. 3.2.: Probleme im Überblick, die von n=39 Wechslern zwischen verschiedenen Fahrzeugen genannt werden.
(F =Fahrer, U = Unternehmer, S = Sonstige)

Die **Probleme mit Anzeigeelementen** lassen sich wie folgt spezifizieren (in Klammern jeweils die Häufigkeit der Nennung):

- Verwendung unterschiedlicher Symbole (1)
- Anordnung der Anzeigen ist verschieden (1)
- Armaturen generell (1)
- Bedeutung akustischer Signale unklar (1)
- Beleuchtung der Instrumente nachts zu hell, blendet (1).

Folgende **Probleme mit Bedienelementen** werden genannt:

- Plazierung an unterschiedlichen Stellen (1)
- Lenkradgröße, Lenkung generell (2)
- Schaltung (13)
- Sitzeinstellung (1)
- Schalter (Kombi-, Licht-, generell) (4).

Urteil der Versuchsperson über die Anzeige- und Bedienelemente in den **neuen Fahrzeugen (in denen die Befragung stattfindet)**:

Zum neuen Fahrzeug, in dem der Versuch stattfindet, äußern sich 40 % der Befragten spezifisch und in kompetenter Weise. Die anderen geben, wenn überhaupt, nur allgemeine Statements ab (z.B. "gute Lösung"). Im folgenden sind die interessanten Vergleiche aufgeführt:

Positive Äußerungen (in Klammern jeweils die Häufigkeit der Nennung):

- generell zur Anordnung von Schaltern und Hebeln (10)
- großer Drehzahlmesser (2)
- große Uhr (1)
- große Kraftstoffanzeige (1)
- keine Kombiinstrumente (1)
- günstige Schaltwege (1)
- extra Heizungsregelung für Beifahrer (1)

Negative Äußerungen:

- Armaturen nicht übersichtlich (1)
- Position von Tacho und Drehzahlmesser tauschen (1)
- Heizungs- und Lüftungssymbole undeutlich (1)
- Blendschutz für Kontrolleuchten fehlt (1)
- Bedienelemente für Heizung zu weit weg (1)
- Knopf für Motorbremse zu weit vorne (1)
- Position der Handbremse ungünstig (1)
- man muß sich zur Bedienung der Elemente nach vorne beugen (1)
- der Türöffner geht nach unten, Gefahr, aus Versehen zu öffnen (1)
- Fahrerplatz zu eng, man muß beim Fahrerwechsel aussteigen (1)
- Sitze schlecht (2).

Diese Äußerungen beziehen sich zwar auf verschiedene Fahrzeuge, doch lassen sich einige Schlußfolgerungen ziehen: Die Fahrer von Lastkraftwagen befürworten übersichtlich geordnete, große Anzeigen und gute Erreichbarkeit der Bedienelemente.

3.1.5. Zusammenfassung

Mit Hilfe der Herstellungsmethode werden sieben Bedienelemente in neuen Lastkraftwagen untersucht. 58 Personen, die entweder Lkw-Fahrer sind oder beruflich mit Lkw zu tun haben, werden aufgefordert, bestimmte Funktionen (z.B. Abblendlicht einschalten, Heizung und Gebläse auf den Fußraum richten) auszuführen.

Zwei Drittel der Versuchspersonen kommen spontan zu einer richtigen Lösung, 23 Prozent, dies ist nahezu ein Viertel, der Handlungen sind falsch. Große Schwierigkeiten bereitet das Einschalten des Abblendlichts, der Nebelscheinwerfer und der Scheibenwaschanlage.

Die besten Ergebnisse werden bei der Warnblinkanlage mit 91 % auf Anhieb richtigen Handlungen erreicht. Das Ziel, gerade bei diesem sicherheitsrelevanten Bedienelement, müssen jedoch 100 % richtige Lösungen sein!

Doch auch betriebsnotwendige Funktionen und solche, die "lediglich" den Fahrkomfort betreffen, bedürfen der Verbesserung. Sucht beispielsweise ein Fahrer während der Fahrt nach einem Bedienelement oder ist er durch eine Betätigung abgelenkt, so kann dies die Ursache eines Unfalls sein. Folglich kann sich ein Element, auch wenn es "nur" den Bereich "Komfort" betrifft, negativ auf die Verkehrssicherheit auswirken. Daher ist es für die Bewertung im Grunde nicht wesentlich, ob es sich **ursprünglich** um ein Element handelt, das für die Verkehrssicherheit relevant ist, oder um ein Element, das in die Kategorie "Komfort" fällt.

Für alle im Fahrzeug vorhandenen Bedienelemente wäre daher

- **gute Gestaltung,**
- **leichte und intuitiv eingängige Bedienbarkeit,**
- **rasche Erreichbarkeit zu fordern.**

Die Gespräche mit den Probanden erbrachten, sozusagen als Nebeneffekt der Untersuchung, einige interessante Informationen:

Beim Wechsel von einem Fahrzeug zum anderen wird vornehmlich über Probleme mit der unterschiedlichen Platzierung von Anzeige- und Bedienelementen in verschiedenen Fahrzeugen berichtet. Viele Schwierigkeiten bereit auch die Gangschaltung.

Aus Vergleichen, die die Fahrer zwischen den Testfahrzeugen und den von ihnen geführten Fahrzeugen ziehen, ist herauszulesen, daß sie übersichtlich geordnete, große Anzeigen und gute Erreichbarkeit der Bedienelemente befürworten.

3.2. Defizitanalyse bei Bedienelementen im Pkw-Bereich

Während sich die erste Defizitanalyse mit Bedienelementen in Lastkraftwagen beschäftigte, geht es nun um den Pkw-Bereich.

Bei dieser Untersuchung wird angestrebt, dem Ideal des experimentellen Versuchsdesigns möglichst nahe zu kommen: Im günstigen Falle werden interessierende Eigenschaften, etwa die Position eines Bedienelements, systematisch variiert. Sind etwa zwei Bedienelemente völlig gleich ausgeführt und unterscheiden sich nur in ihrer Position, so können auftretende Unterschiede im Versuch nur durch diese Variation bedingt sein. Da sich die Defizitanalyse mit bereits existierenden Bedienelementen in Kraftfahrzeugen beschäftigt und nicht mit eigens für diesen Zweck konstruierten Aufbauten, kann es vorkommen, daß die Variation der Eigenschaften unvollständig bleibt. Der Experimentator muß daher versuchen, aus den bestehenden Realisationen eine sinnvolle Auswahl zu treffen.

3.2.1. Versuchsdesign

Bedienelemente sind in Funktion, Form, Größe, usw. sehr vielgestaltig (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, S.188 ff). Die Auswahl der untersuchten Fahrzeuge erfolgt anhand von zwei Kriterien:

- Die Position des Bedienelementes auf der Armaturentafel, sowie
- die Ausführung des Bedienelements.

Für die Ortsbestimmung des Bedienelements wird das in Abbildung 2.1. dargestellte Schema zur Positionsanalyse herangezogen.

Bezüglich der Ausführung eines Bedienelements wird aus der Sicht des Benutzers vorgegangen und nach dem Kriterium "funktionell identisch" bzw. "funktionell nicht identisch" unterschieden. Zwei Drehknebel können beispielsweise in ihrer Größe oder der Dicke des Griffs variieren, sie werden trotzdem in ihrer Ausführung als funktionell identisch bezeichnet. Ist ein Schieberegler horizontal (Rechts-/ Linksbewegung), ein anderer vertikal (Auf-/ Abbewegung) angebracht, so werden sie als funktionell nicht gleich angesehen.

		Ausführung des Bedienelements	
		funkt. ident.	funkt. nicht identisch
Position	gleich	A	B
	ungleich	C	D

Tab. 3.3: Design zur Auswahl von Fahrzeugen für die Defizitanalyse bei Bedienelementen im Pkw

Sind die Leistungen in den beiden Spalten der Matrix ähnlich, so wird erwartet, daß das Kriterium der Funktionalität keine Rolle spielt. Sind die Leistungen in den Spalten hingegen stark unterschiedlich, in den Zeilen jedoch ähnlich, so ist die Ausführung des Bedienelements von Bedeutung, nicht jedoch seine Position. Denkbar sind jedoch auch Wechselwirkungen zwischen Position und Ausführung des Bedienelements.

Neben den Kriterien "Position" und "Ausführung" des Bedienelements sind weitere Kriterien möglich, z.B.

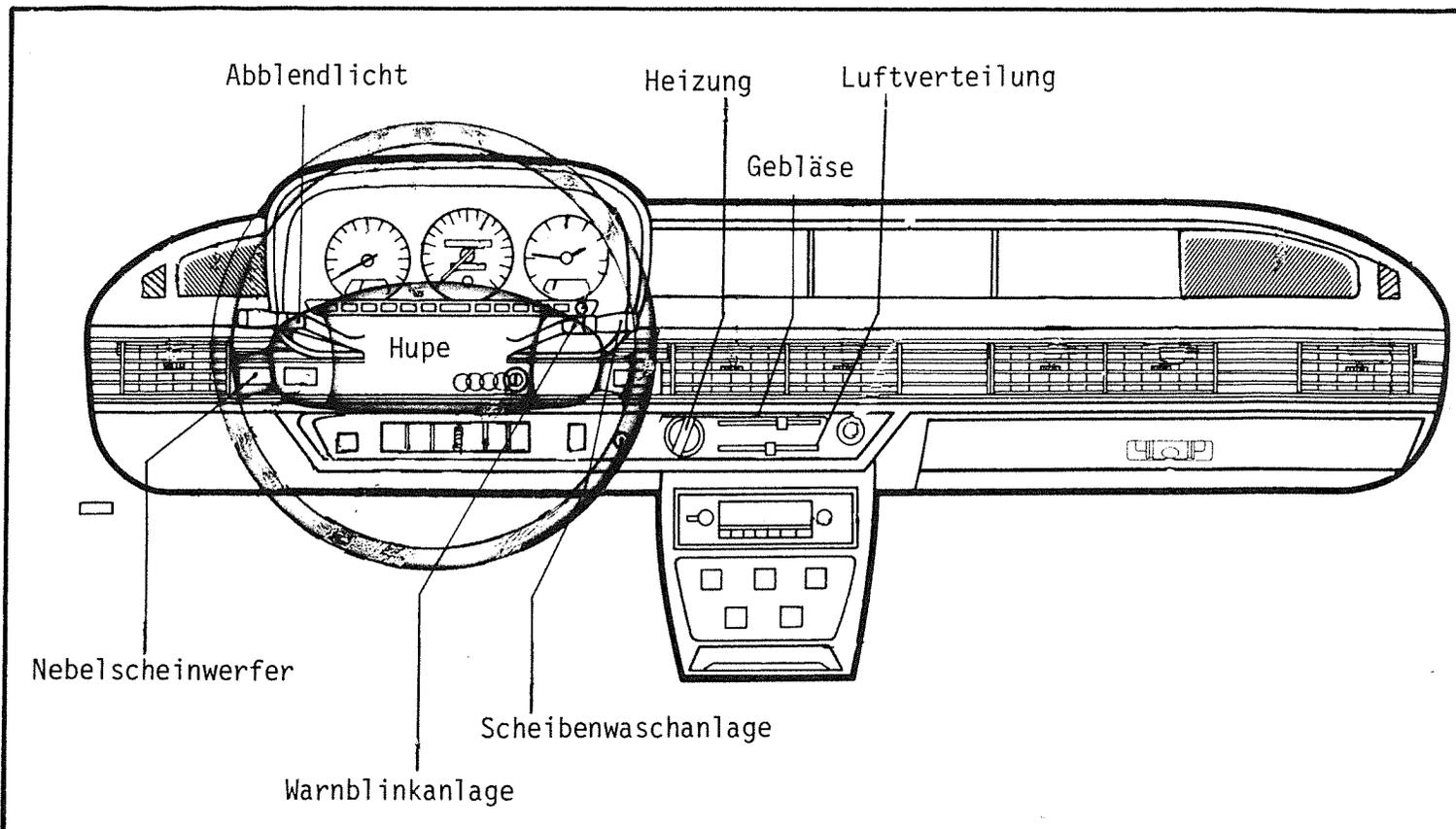
- Auffälligkeit eines Bedienelements
- Einbettung des Bedienelements in das Gesamte
- Anzahl der Funktionen, die in einem Element vereinigt sind.

Für die Auswahl der Fahrzeuge konnten diese Kriterien nicht berücksichtigt werden, doch wird darauf bei der Auswertung eingegangen.

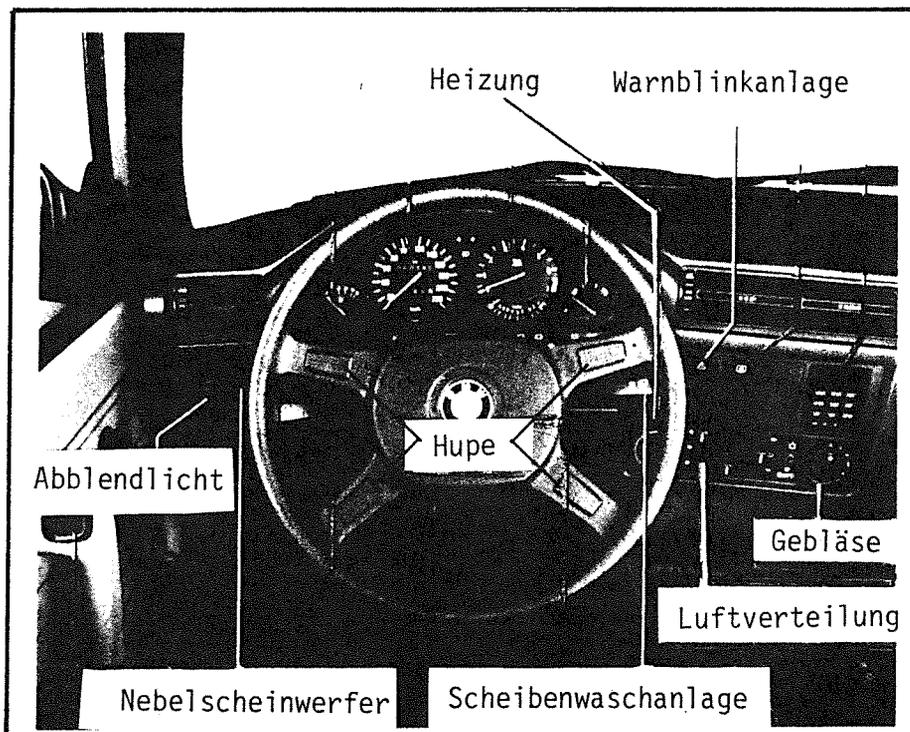
3.2.2. Versuchsfahrzeuge

Die Versuche werden mit sechs Fahrzeugen, deren Armaturentafeln in den Abbildungen 3.5. bis 3.10. dargestellt sind, durchgeführt:

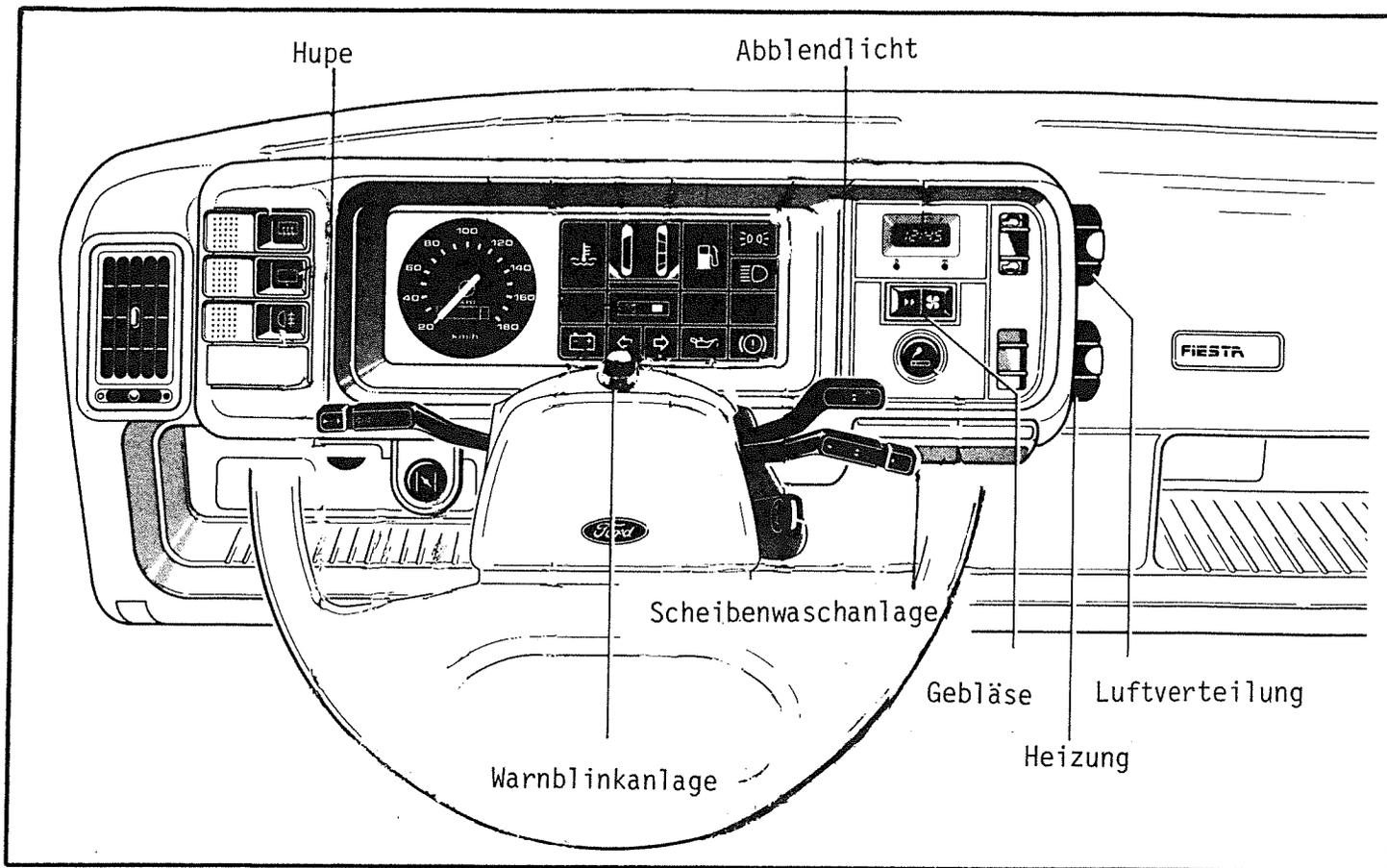
- Audi 100, Baujahr 1982 (Abb. 3.5)
- BMW 316, Baujahr 1985 (Abb. 3.6)
- Ford Fiesta, Baujahr 1985 (Abb. 3.7)
- Mercedes 190, Baujahr 1985 (Abb. 3.8)
- Opel Kadett, Baujahr 1985 (Abb. 3.9)
- Porsche 944, Baujahr 1986 (Abb. 3.10)



Tab. 3.5: Armaturentafel des Audi 100



Tab. 3.6: Armaturentafel des BMW 316



Tab. 3.7: Armaturentafel des Ford Fiesta

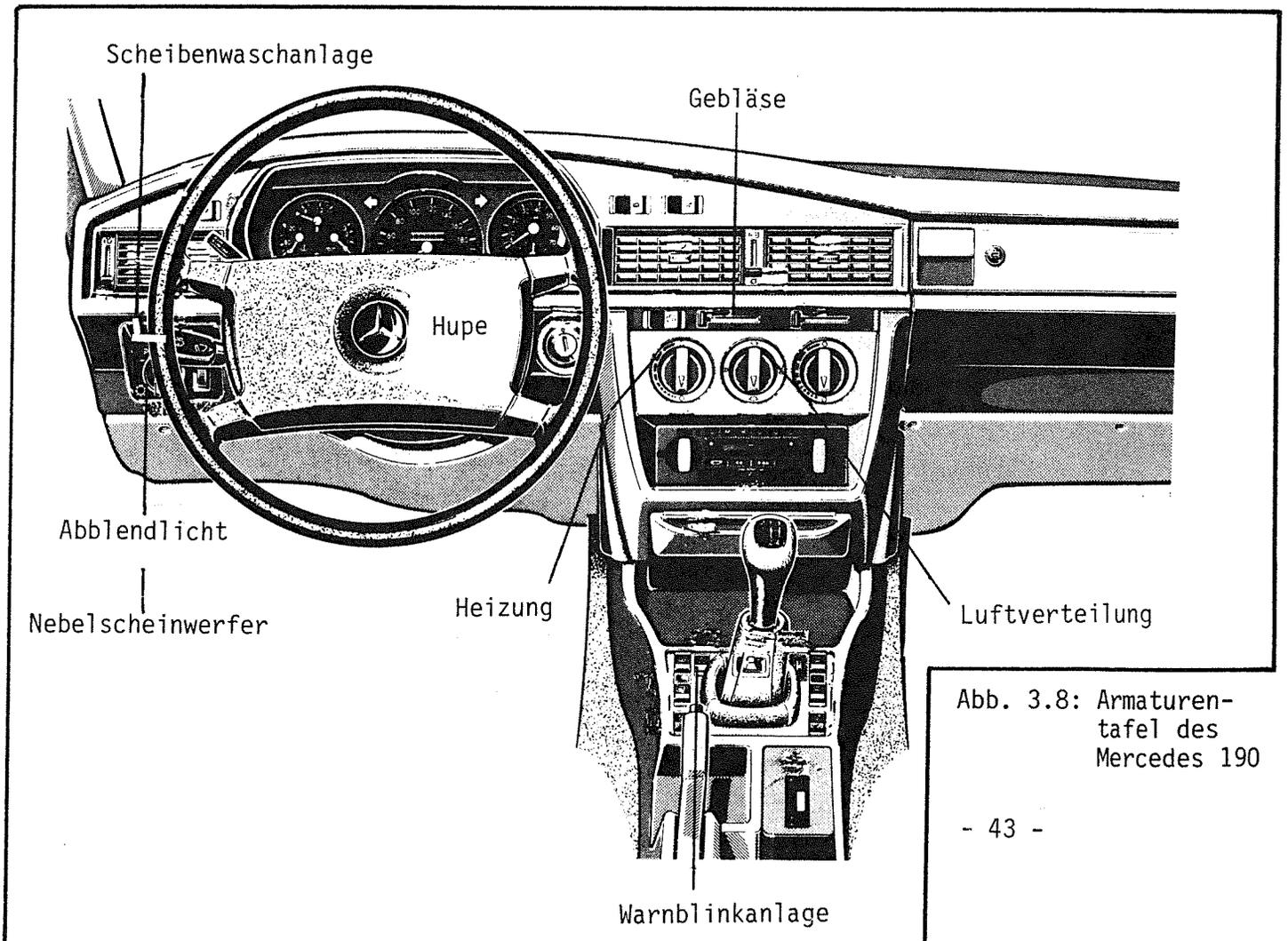


Abb. 3.8: Armaturentafel des Mercedes 190

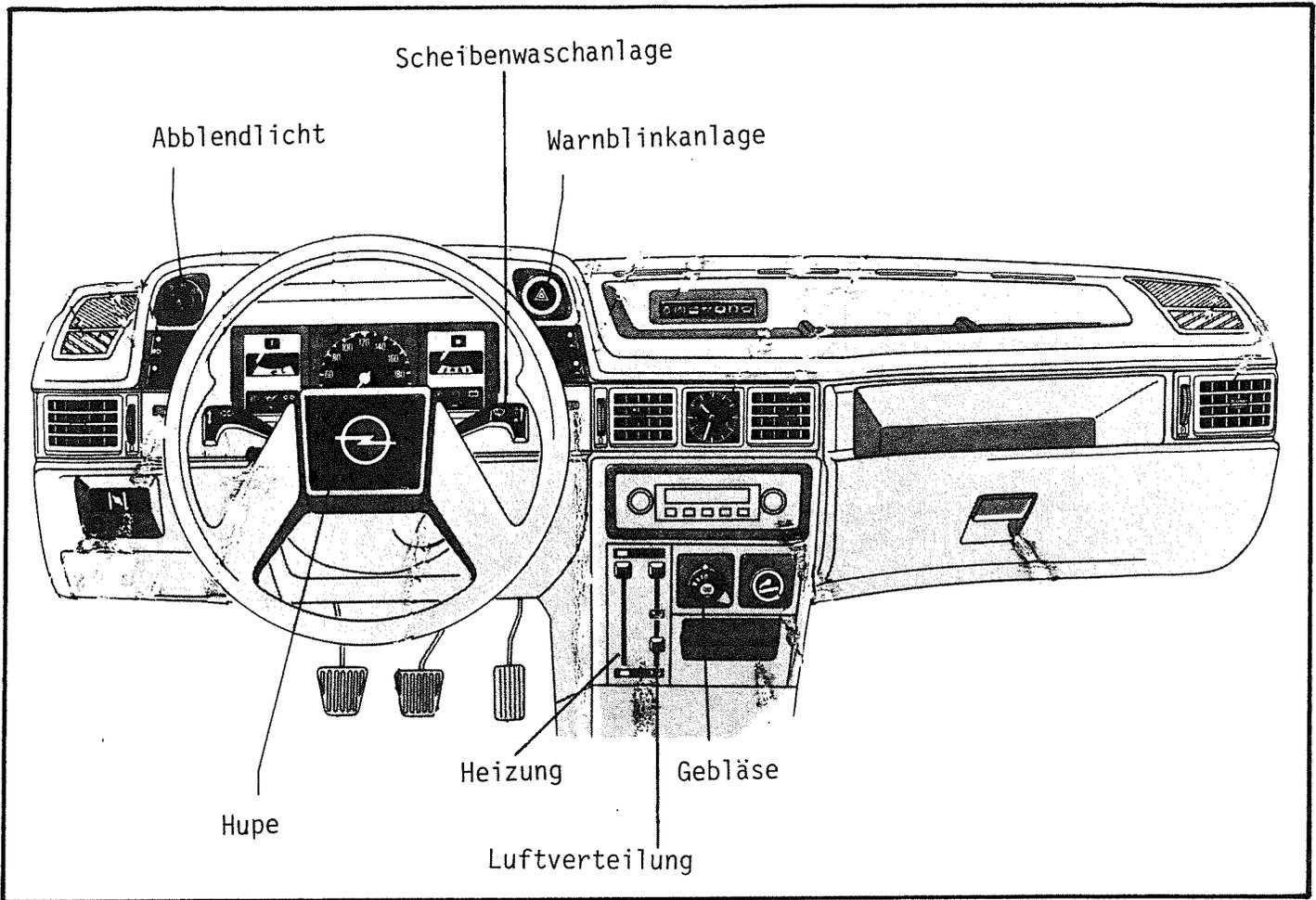


Abb. 3.9: Armaturentafel des Opel Kadett

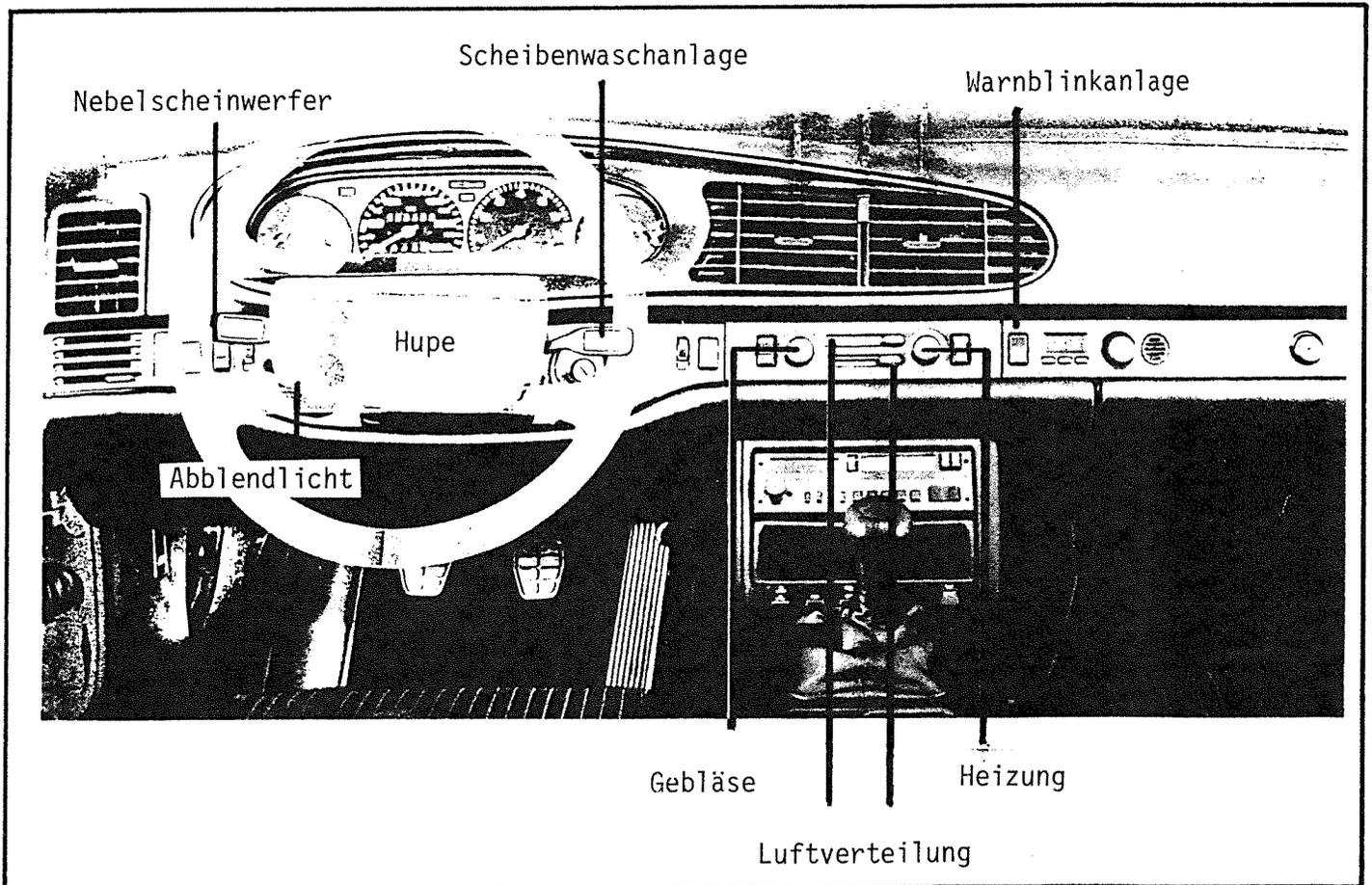


Abb. 3.10: Armaturentafel des Porsche 944

3.2.3. Stichprobe

Die Stichprobe umfaßt $n = 75$ Personen, davon sind

- 18 Fahrschüler ohne Fahrstunden
- 20 Fahranfänger mit einer bisherigen Gesamtkilometerleistung von unter 10.000 km
- 37 Personen mit umfangreicher Fahrerfahrung (bisherige Gesamtkilometerleistung über 30.000 km).

Die Versuchspersonen werden nach Möglichkeit gleichmäßig auf die verschiedenen Fahrzeuge verteilt.

3.2.4. Versuchsablauf

Zunächst werden folgende Daten erhoben: Alter, Geschlecht, Führerscheinklasse, Jahr der Fahrprüfung, Fahrpraxis, derzeitiges und frühere Fahrzeuge der Versuchsperson.

Um relativ gleiche Voraussetzungen für die Probanden zu schaffen und Übungseffekte zu vermeiden, erfolgt nun die Zuweisung eines Fahrzeugs, mit dem der Proband bisher keine Erfahrung hat.

Es folgt die Erklärung aller im Fahrzeug vorhandenen Anzeige- und Bedienelemente.

Um eine Pause zwischen Lern- und Testphase zu legen, wird in Räumen außerhalb des Fahrzeugs der Test "Ergänzung gedrehter Figuren" durchgeführt. Diese Tätigkeit erfordert die volle Aufmerksamkeit der Versuchsperson und nimmt ca. 15 bis 20 Minuten in Anspruch. Damit wird verhindert, daß die Personen die eben erlernten Tätigkeiten in Gedanken wiederholt.

Anschließend wird der Proband gebeten, den Sitz im Versuchsfahrzeug so einzustellen, daß er bequem Lenkrad und Pedale erreichen kann und den Sicherheitsgurt anzulegen.

Die weitere Instruktion lautet: "Wir möchten nun gerne wissen, ob die Schalter und Hebel in diesem Fahrzeug gut konstruiert sind. Ich sage Ihnen jetzt nacheinander einige Aufgaben, die Sie möglichst zügig ausführen sollen. Stellen Sie sich dabei bitte vor, Sie fahren nun im dichten Verkehr. Der rote Punkt dort vorne ist ein Fahrzeug, das vor Ihnen fährt.

Sie sollten es möglichst nicht aus den Augen lassen.

Würden Sie nun bitte ...

... das Abblendlicht einschalten

... die Nebelscheinwerfer einschalten

... die Scheibenwaschanlage betätigen

... das Gebläse für die Frontscheibe betätigen

... die Warnblinkanlage einschalten

... die Hupe betätigen

... Sie haben kalte Füße. Schalten Sie bitte die Heizung so, daß Sie warme Füße bekommen."

Protokolliert wird, ob der Proband sofort oder erst beim zweiten Anlauf zu einer Lösung kommt, welche Besonderheiten im Verhalten auftreten, ob der Proband den Fixierpunkt, der ein vorausfahrendes Fahrzeug simulieren soll, ununterbrochen fixiert, ob und wieviele kurze Augenbewegungen zu verzeichnen sind, ob der Fahrer längere Zeit auf der Armaturentafel umherblickt. Weiterhin wird der Zeitbedarf bis zur richtigen Lösung eingestuft: 1, 2, 3, 4, 5 Sekunden oder länger.

Um das Bild abzurunden, wird die Versuchsperson gefragt, wie sie die Aufgaben erlebt hat, ob es Probleme gab. Durch die Aufforderung, das Versuchsfahrzeug mit ihrem eigenen Wagen zu vergleichen und zu beurteilen, welche Anzeigen und Bedienteile hier bzw. in ihrem Wagen besser konzipiert sind, soll die Versuchsperson für günstige oder ungünstige Gestaltung im Versuchsfahrzeug sensibilisiert werden. Abschließend wird erfragt, ob der Versuchsteilnehmer bei seinem derzeitigen oder bei früheren Fahrzeugen Probleme mit Anzeige- und Bedienelementen, beispielsweise beim Fahrzeugwechsel, hatte.

3.2.5. Abhängige Variablen und Auswertungsschritte

Die abhängigen Variablen sind:

- Handlung der Versuchsperson (Aufgabe sofort richtig ausgeführt, Aufgabe beim zweiten Versuch richtig ausgeführt, mehrere Lösungsversuche, keine Lösung der Aufgabe)

- Zeit bis zur richtigen Handlung (1, 2, 3, 4, 5, mehr als 5 Sekunden)
- Art und Häufigkeit der Augenbewegungen: Fixation, Sakkade, langer Blick.

Definitionen dieser Begriffe finden sich ausführlich in FÄRBER & FÄRBER, 1987, S.10 ff.

Ziel der Auswertung ist eine Bewertung der einzelnen Bedienelemente in den verschiedenen Fahrzeugen anhand der o.g. Variablen.

Die Fahrzeuge werden hierzu zu Paaren geordnet und dann entsprechend des Designs (vgl. Tab. 3.3.) eingruppiert:

- Ist das Bedienelement an gleicher oder ungleicher Position?
- Ist die Ausführung des Bedienelements funktionell identisch oder nicht?

Für diese Art der Auswertung wird folgendes Material herangezogen:

- prozentuale Lösungshäufigkeit beim 1. Versuch
- prozentuale Häufigkeit der Fälle, in welchen keine Lösung gelingt
- prozentuale Häufigkeit der Fälle, in denen die Lösung der Aufgabe innerhalb einer Sekunde realisiert wird
- prozentuale Häufigkeit der Fälle, in denen für die Lösung der Aufgabe mehr als 5 Sekunden bis zur Lösung benötigt werden
- prozentualer Anteil der Fälle, in denen der Blick während der Aufgabe auf den Fixationspunkt gerichtet bleibt
- prozentualer Anteil der Versuchspersonen, die einen (oder mehrere) lange Blicke während des Lösungsversuchs auf das Bedienelement werfen.

Nun können für jeweils ein Bedienelement des Fahrzeugpaares Differenzwerte gebildet werden, beispielsweise für die Variable "Lösung der Aufgabe innerhalb einer Sekunde geglückt". Erwartungsgemäß müßten funktionell identische Ausführung des Bedienelements und gleiche Position zu identischen Werten, d.h. zu einer Differenz von Null führen, unabhängig vom jeweiligen Fahrzeug. Unter der Hypothese, beliebige Realisationen an beliebigen Positionen seien gleich günstig oder ungünstig, ist eine Gleichverteilung der Differenzwerte in den einzelnen Zellen der Vierfeldertafel zu erwar-

ten. Eine Überprüfung mittels Chi^2 kann Häufungen in einer Zelle und somit spezifische Effekte einzelner Positionen oder Ausführungen des Bedienelements aufzeigen.

3.2.6. Ergebnisse

In den Abbildungen ist jeweils für ein Bedienelement folgende Variable dargestellt:

Lösungsversuche

Die Variable **Lösungsversuche** umfaßt den prozentualen Anteil von Versuchspersonen, die

- im ersten Versuch zu einer Lösung kommen (schraffierter Säulenabschnitt), also beispielsweise die Warnblinkanlage einschalten,
- beim zweiten Anlauf die Aufgabe lösen (weißer Abschnitt),
- oder keine Lösung zustande bringen (schwarzes Feld).

Falls eine Person mehr als zwei Versuche benötigt, um die Aufgabe zu lösen, wird dies ebenfalls als "keine Lösung" gewertet.

Lösungszeit

Die Variable **Lösungszeit** erfaßt den Zeitbereich, geschätzt in Sekunden, den ein Proband bis zur Lösung der gestellten Aufgabe benötigt. Als optimale Zeiten sind bei Warnblinkanlage, Hupe, Abblendlicht, Nebelscheinwerfer und Scheibenwaschanlage die Zeitabschnitte "1 sec." schraffiert, bei Gebläse und Heizung bis zu 2 Sekunden.

Art der Augenbewegung

Dargestellt wird, wie die Versuchspersonen während der Ausführung der Aufgabe die **Augen bewegen** (prozentuale Darstellung).

- Hält die Versuchsperson, was im Realfall sehr günstig wäre, den Blick auf den Fixierpunkt (im Verkehr wäre dies z.B. ein vorausfahrendes Fahrzeug) gerichtet, so ist dies in der schraffierten Säule "Fixation" dokumentiert.
- Führt sie kurze, schnelle Augenbewegungen vom Fixationspunkt zum Bedienelement und zurück aus, so wird diese Form der Augenbewegung als "Sakkade" bezeichnet.
- Lange Blicke, die sich in der Realität sehr ungünstig auswirken, da der Fahrer die Augen vom Verkehrsgeschehen abwendet, sind in den Abbildungen durch schwarze Säulen dargestellt.

Führt ein Proband sowohl Sakkaden als auch lange Blicke aus, so ist das in beiden Säulen berücksichtigt, wodurch sich in einigen Fällen mehr als 100 Prozent ergeben.

Blickhäufigkeit

Während bei der "Art der Augenbewegung" nur eingestuft ist, ob ein Proband beispielsweise das Verhalten "lange Blicke" zeigt oder nicht, ist in dieser Form der Auswertung noch berücksichtigt, wieviele lange Blicke er zeigt. Die Gesamtzahl der Blicke entspricht 100 Prozent, die Säulen zeigen jeweils den prozentualen Anteil der Augenbewegungen.

Ergebnisse bei Betätigung der Warnblinkanlage

Mit nur 60% auf Anhieb richtiger Lösungen und relativ langen Lösungszeiten zeigt sich für den Ford Fiesta kein günstiges Bild. Liegt es daran, daß die Versuchspersonen mehr als bei anderen Fahrzeugen versuchten, den Fixierpunkt im Auge zu behalten? Wäre dies der Fall, so müßte auch der Audi 100, der in etwa vergleichbare Fixationen aufweist (vgl. Abb. 2.12c), bezüglich Lösungsversuch und -zeit ähnlich liegen. Wie Abbildung 2.12a zeigt, trifft dies aber nicht zu.

Betrachten wir daher das Bedienelement selbst: Beim Ford Fiesta wird die Warnblinkanlage durch Drücken eines auf dem Pralltopf befindlichen roten Knopfes eingeschaltet. An mangelnder Sichtbarkeit oder "versteckter" Positionierung kann das schlechte Abschneiden also nicht liegen, wohl aber an der Form des Knopfes: durch die Verjüngung am unteren Ende des Knopfes wirkt er eher wie ein Element, das durch ziehen, und nicht durch drücken zu betätigen ist (vgl. Abb. 3.11). Diese Aussage wird untermauert durch Berichte des Versuchsleiters, der um die Funktionstüchtigkeit des Knopfes fürchtete, da mehrere Probanden unnachgiebig versuchten, den Knopf hochzuziehen. Positiv anzumerken ist, daß die Rubrik "keine Lösung" beim Ford Fiesta nicht auftrat - alle Probanden schalteten die Warnblinkanlage ein, allerdings nach relativ langer Zeit. Hier zeigt sich, daß die Idee (auf einen gut sichtbar angebrachten Kopf zu "schlagen" wie bei einem Feuermelder) im Grunde gut ist, nur die Form des Knopfes müßte der Funktion "Drücken" angepaßt werden (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. "Kompatibilität der Bewegung", S. 219 ff).

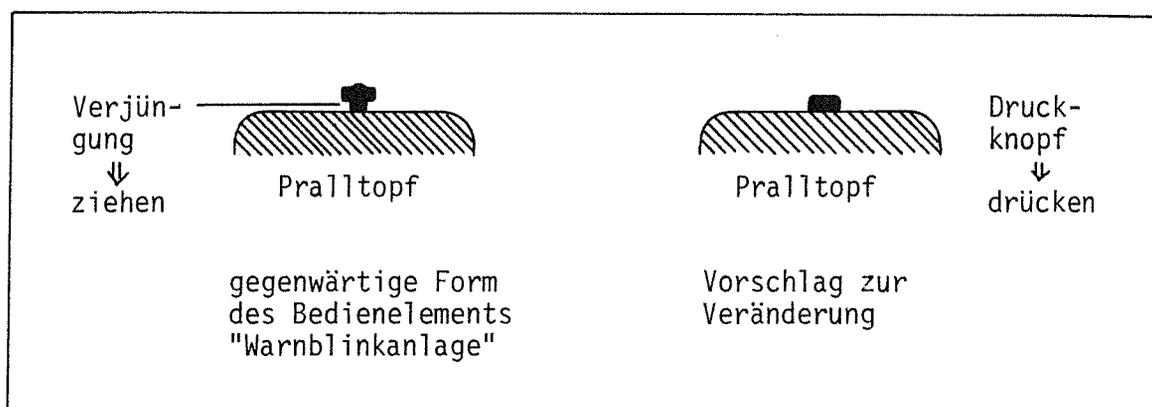


Abb. 3.11: Bedienelement für die Warnblinkanlage (Ford Fiesta),

Beim Audi 100 wird die Warnblinkanlage durch einen rechts unter dem Lenkrad befindlichen, relativ kurzen, meist durch das Lenkrad verdeckten Stockschalter eingeschaltet. Die relativ langen Lösungszeiten und Fehlversuche, wie Betätigung des Blinkers und der Lichthupe, geben einen Hinweis auf ergonomische Probleme. Die Anordnung ist zwar bezüglich des Greifraums optimal (vgl. a.a.O., S.170 ff), doch interferiert sie mit anderen Bedienelementen. Zudem wird die Warnblinkanlage zu selten betätigt, um einen Automatisierungsgrad der Handlung, wie etwa beim Blinker, zu gewährleisten, der ohne optische Kontrolle sicher bedient werden kann. Interessant ist der Vergleich zwischen Porsche 944 und BMW 316, da bei beiden die Warnblinkanlage durch eine Drucktaste, angebracht auf der Mittelkonsole, eingeschaltet wird. Lange Blicke treten bei beiden Fahrzeugen etwa gleich häufig auf - mit 91% bzw. 94% liegen die beiden Fahrzeuge in negativer Spitzenposition. Beim Porsche sind 78% der Lösungsversuche auf Antrieb erfolgreich, beim BMW hingegen 91%. Auch sind die Lösungszeiten beim Porsche ungünstiger. Worin mag die Ursache liegen? Betrachten wir den Fahrzeuginnenraum, so fällt auf, daß die Taste beim Porsche an der äußersten rechten Grenze der Mittelkonsole, eher schon auf der Beifahrerseite, angebracht ist, also keinesfalls mehr im optimalen Greifraum liegt. Hinzu kommt die Anordnung der Taste in einer langen, relativ gleichmäßigen Reihe. Dies vermittelt zwar optisch einen "ruhigen Eindruck", doch geht dies zu Lasten der Prägnanz. Als Folge der ungünstigen Position zeigen einige Probanden besonderes "Suchverhalten": Die Klimaanlage wird befühlt, Heckscheibenwischer, Licht und Zentralverriegelung betätigt.

Am häufigsten gelingt es den Versuchspersonen im BMW 316 und im Opel Kadett, die Warnblinkanlage gleich beim ersten Versuch einzuschalten, beim Kadett allerdings in wesentlich kürzerer Zeit. Positiv für den Kadett sprechen auch die 75% Sakkaden (und nur 17% lange Blicke), während beim BMW 91% der Versuchspersonen einen langen Blick benötigen, um das Element zu finden. Beim Opel Kadett ist die Warnblinkanlage ein permanent beleuchteter, gut sichtbarer Druckknopf am Armaturenbrett rechts oben, beim BMW 316 handelt es sich um eine Drucktaste in der Mittelkonsole (über dem Radio).

Das Resultat - nicht die Ausführung des Bedienelements, sondern die gut sichtbare Position im optimalen Greifraum ist bei der Warnblinkanlage entscheidend - wird durch die Chi^2 -Vergleiche bestätigt. Signifikante Abweichungen bei Lösungszeit, Fixation und langen Blicken auf das Bedienelement treten bei ungleicher Schalterposition auf.

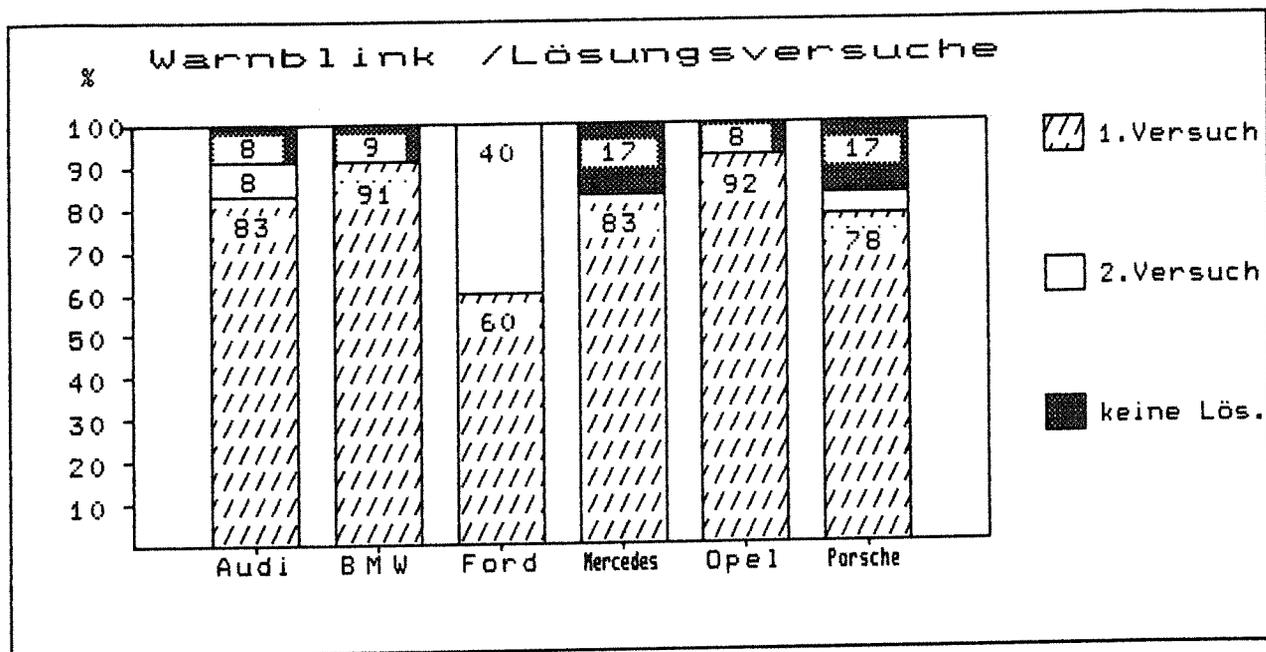


Abb. 3.12a: Lösungsversuche bei Betätigung der Warnblinkanlage

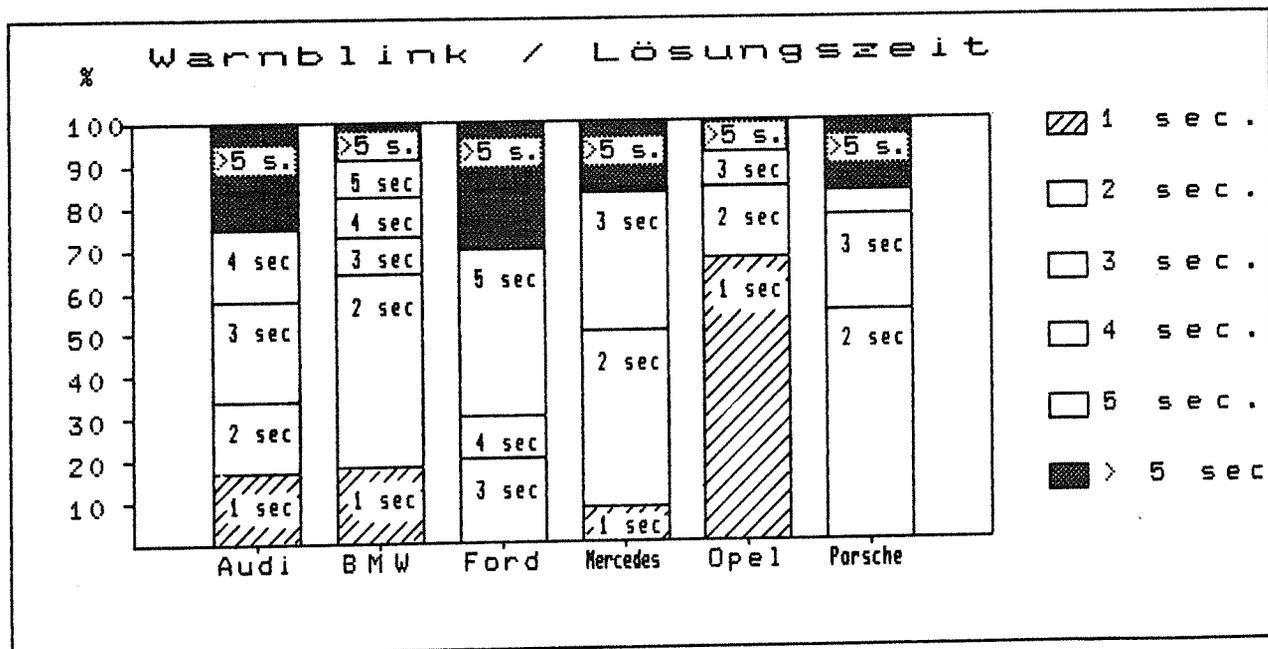


Abb. 3.12b: Lösungszeit bei Betätigung der Warnblinkanlage

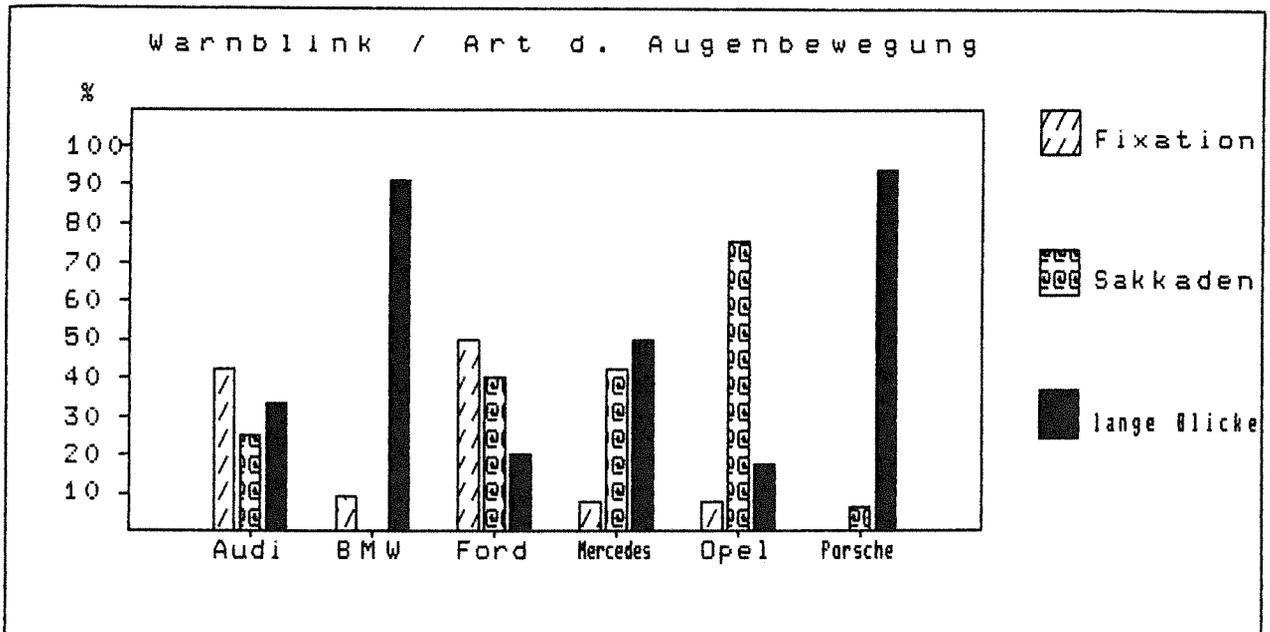


Abb. 3.12c: Art der Augenbewegung bei Betätigung der Warnblinkanlage

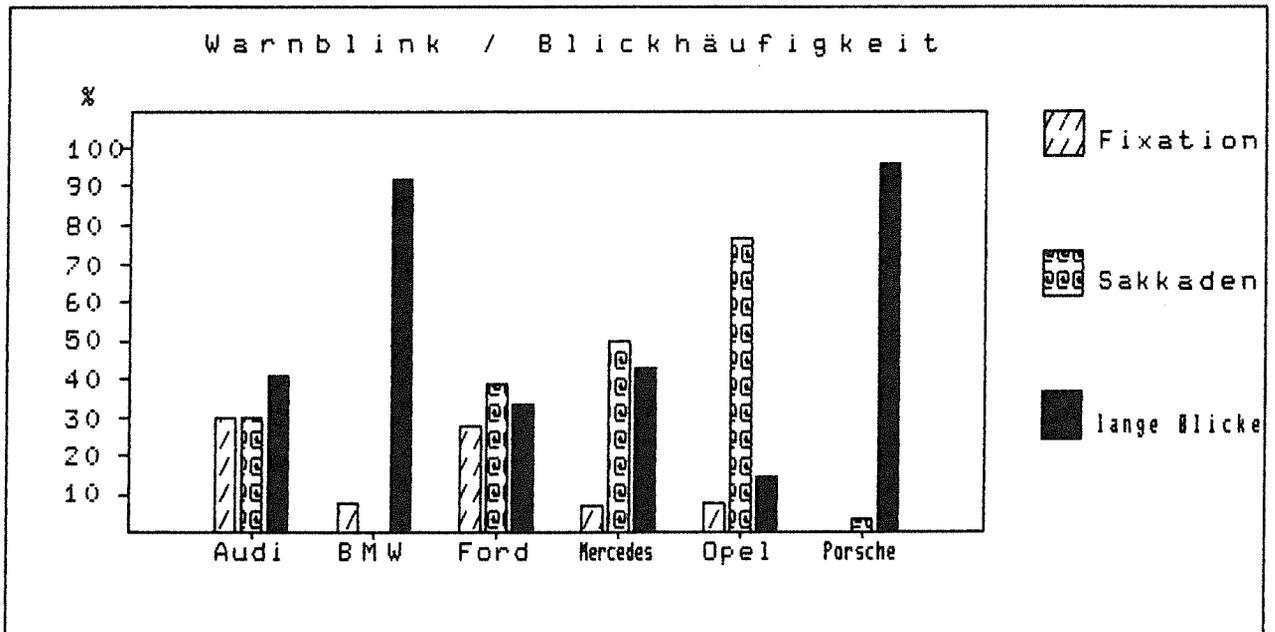


Abb. 3.12d: Blickhäufigkeit bei Betätigung der Warnblinkanlage

Ergebnisse bei Betätigung der Hupe

Beim Audi 100, Mercedes 190, Opel Kadett und Porsche 944 wird die Hupe durch Drücken des gesamten Pralltopfes ausgelöst, beim BMW 316 ist eine der vier Tasten an den Lenkradspeichen zu drücken, lediglich beim Ford Fiesta ist die Hupe durch Drücken eines links hinter dem Lenkrad befindlichen Stockschalers, der mit mehreren Funktionen belegt ist, zu betätigen.

Die Quote auf Anhieb richtiger Lösungen liegt bei allen Fahrzeugen über 90%, ist also recht hoch (Abbildung 3.13a). Auch die Lösungszeiten sind bei fast allen Fahrzeugen kurz und variieren nicht sehr stark. Es scheint folglich kein Unterschied zwischen den Ausführungen "Pralltopf" bzw. "Tasten um den Pralltopf" zu bestehen.

Das Interesse richtet sich nun auf den Außenseiter, die Stockschalter-Hupe des Ford Fiesta. Von der Art der Augenbewegung aus betrachtet schneidet er recht gut ab, d.h. lange Blicke sind selten. Ungünstig stellen sich jedoch die Lösungszeiten dar - sie sind erheblich länger als bei den anderen Fahrzeugen. Die Fahrer benötigen offensichtlich Zeit, sich an die unkonventionelle Ausführung der Hupe zu erinnern. Möglicherweise kommt zu diesem Effekt ein Zweiter hinzu: die Belegung des Stockschalers mit mehreren Funktionen. Die Lösungszeiten weichen deutlich von den anderen Ausführungen (Pralltopfbereich) ab. Sie sind für eine sichere Warnung anderer Verkehrsteilnehmer zu lang, und dürften sich noch erhöhen, wenn zusätzliche situative Belastungen durch Streß hinzukommen.

Der Paarvergleich bringt signifikante Abweichungen zwischen den Fahrzeugen nur für die Lösungszeit - sie ist bedingt durch die Kombination "Ausführung des Bedienelements funktionell nicht identisch" und "Position ungleich" zwischen Ford Fiesta und allen anderen Fahrzeugen.

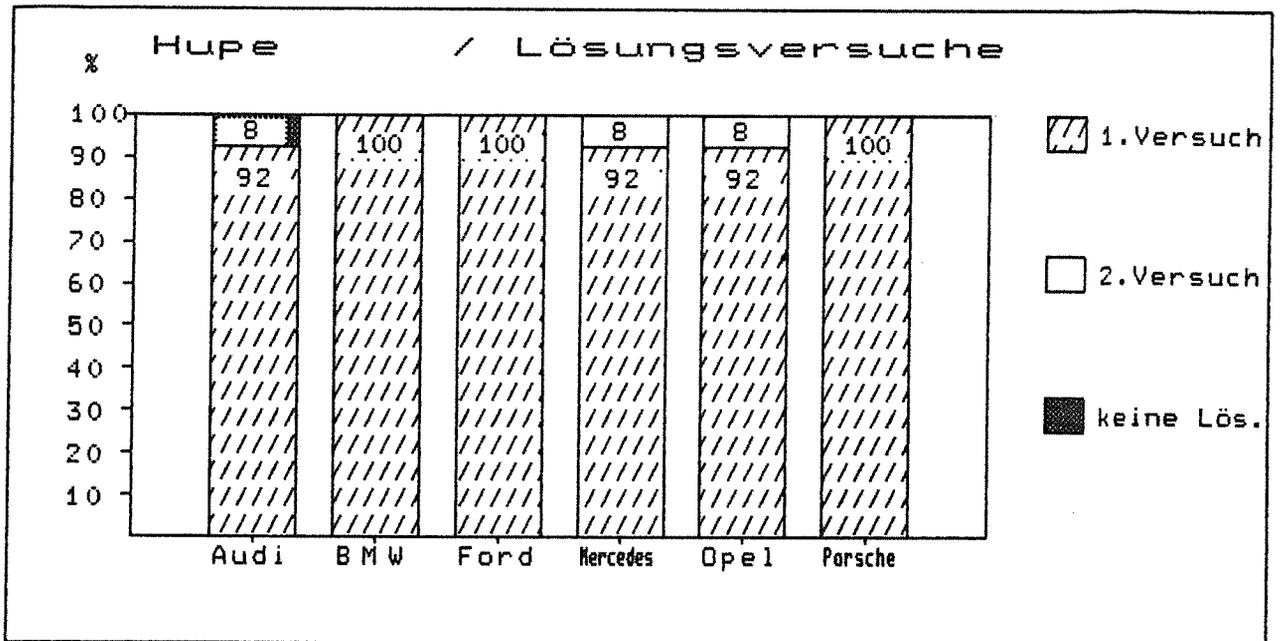


Abb. 3.13a: Lösungsversuche bei Betätigung der Hupe

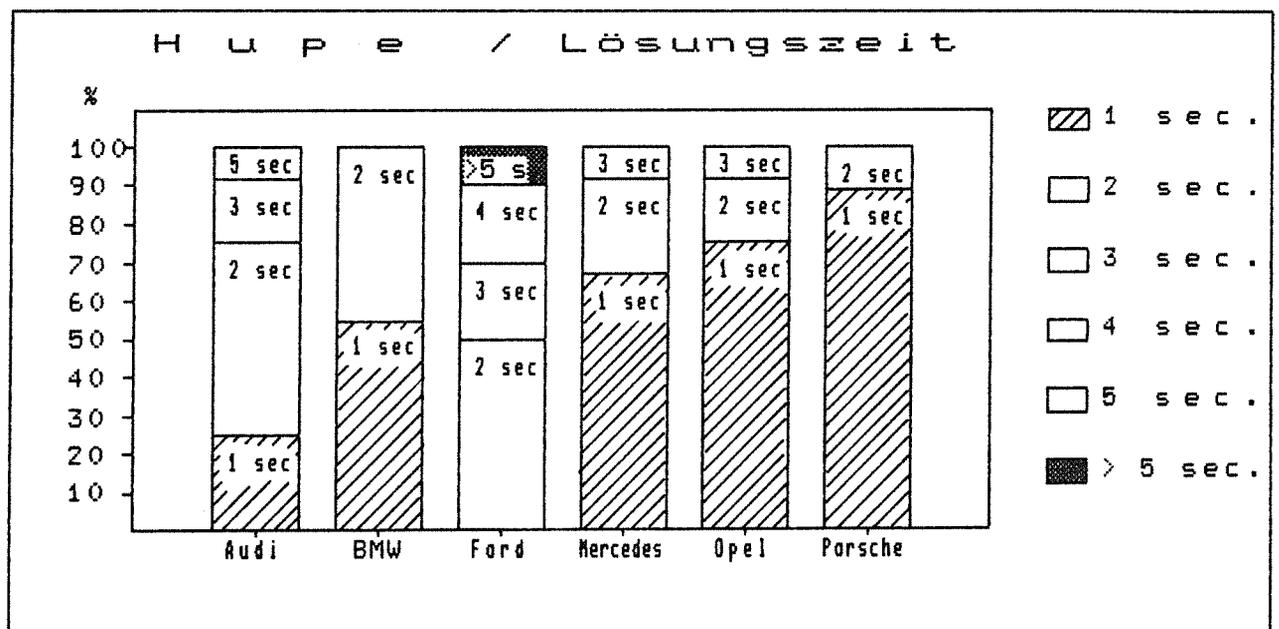


Abb. 3.13b: Lösungszeit bei Betätigung der Hupe

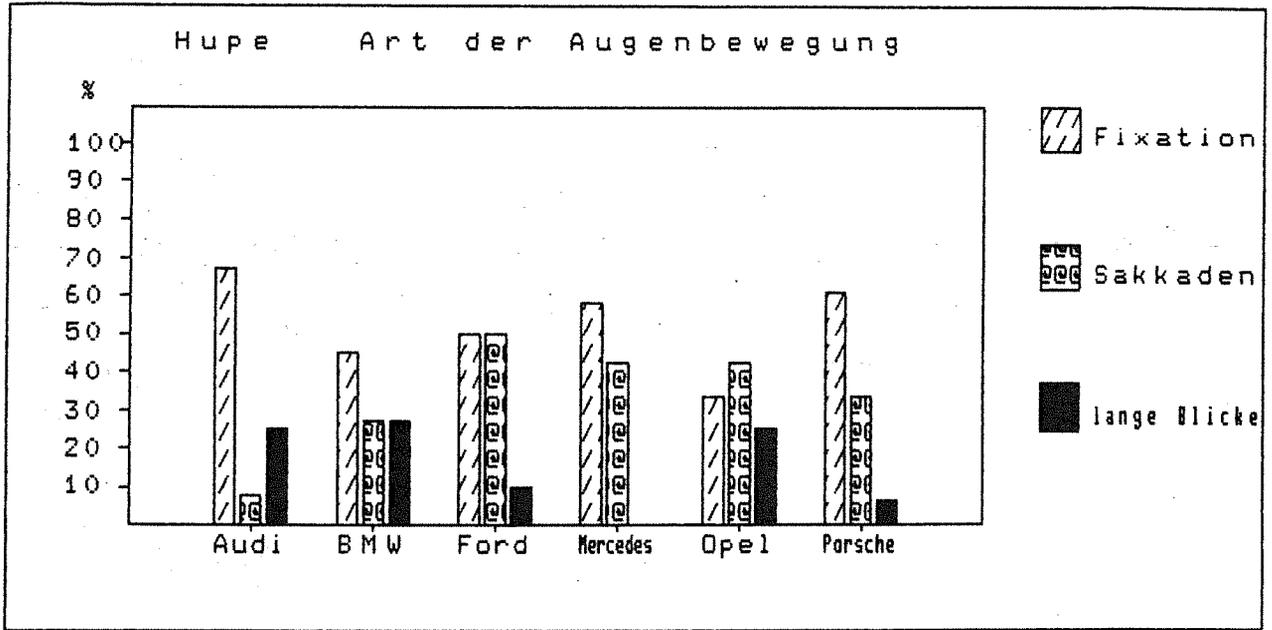


Abb. 3.13c: Art der Augenbewegung bei Betätigung der Hupe

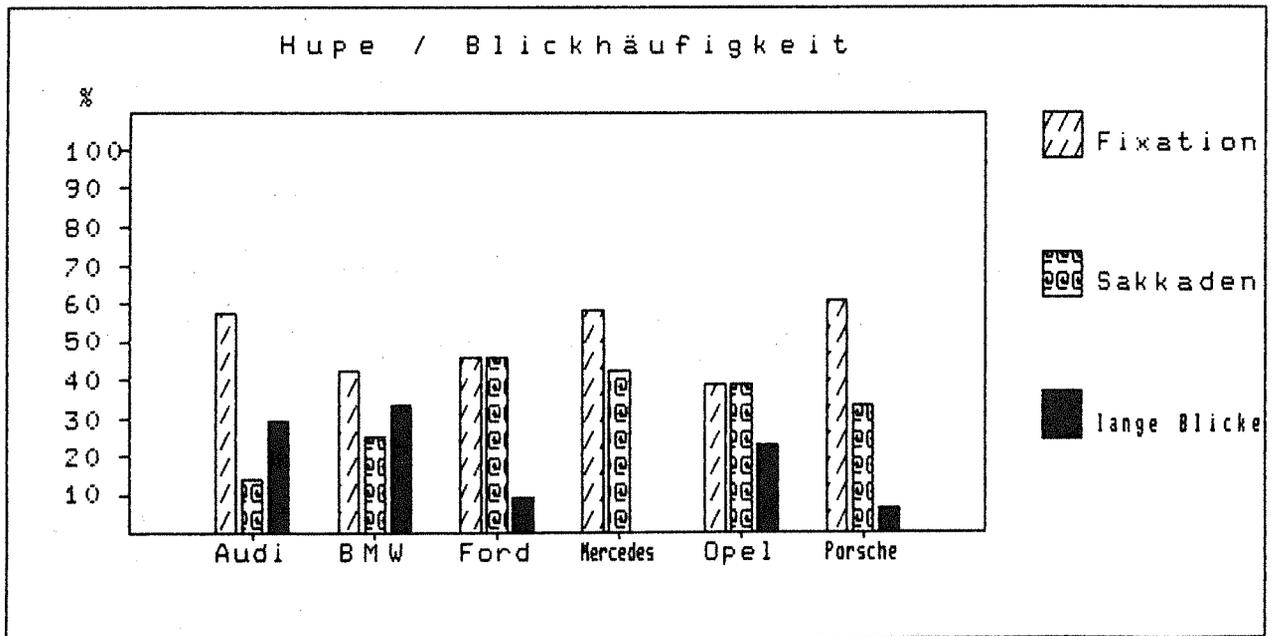


Abb. 3.13d: Blickhäufigkeit bei Betätigung der Hupe

Ergebnisse bei Betätigung des Abblendlichts

Sowohl beim Porsche 944 als auch beim Mercedes 190 ist das Abblendlicht als Drehknopf am Armaturenbrett links unten angeordnet. Trotzdem sind die Häufigkeiten der richtigen Lösung beim ersten Versuch unterschiedlich (Porsche 72%, Mercedes 58%). Eine genauere Betrachtung der Bedienelemente zeigt, daß die Aufgabe, das Abblendlicht einzuschalten, beim Mercedes deutlich komplizierter ist, da der Drehknopf sechs Funktionen beinhaltet. Zur Auswahl der richtigen Funktion müssen viele Personen kurze Augenbewegungen durchführen, um die richtige Schalterstellung zu finden. Dies gelingt ihnen - wie Abbildung 3.14 a zeigt - nicht immer.

Das dritte Fahrzeug mit Drehknopf ist der Opel Kadett, hier ist das Element am Armaturenbrett links oben, gut sichtbar, angebracht. Entsprechend günstig fallen auch die Lösungszeiten aus.

Beim Audi 100 und Ford Fiesta wird das Abblendlicht durch nach oben Drücken des Stockschalers (Ford rechts, Audi links vom Lenkrad) eingeschaltet. Die Unterschiede in der Lösungshäufigkeit beim ersten Versuch (Audi 42%, Ford 70%) sind sicherlich nicht durch die Anordnung links bzw. rechts vom Lenkrad bedingt. Sie dürften wohl auf die mangelnde Sichtbarkeit des Hebels und die Einbettung in insgesamt 4 Stockschalter mit unterschiedlichen Funktionen beim Audi zurückgehen. Die verhältnismäßig langen Lösungszeiten sind wohl durch die eher ungewohnte Auslegung der Funktion als Stockschalter bedingt.

Die χ^2 -Vergleiche zeigen, daß sowohl Ausführung als auch Position des Bedienelements Abblendlicht einen Einfluß auf die Lösung ausüben. Bemerkenswert sind beim Lichtschalter vor allem die langen Lösungszeiten, gepaart mit längeren Blicken in den Fahrzeuginnenraum. Da das Fahrtlicht häufig auch während der Fahrt (z.B. bei Einbruch der Dunkelheit, Durchfahren von Tunnels) eingeschaltet wird, sollten diese Werte niedriger liegen.

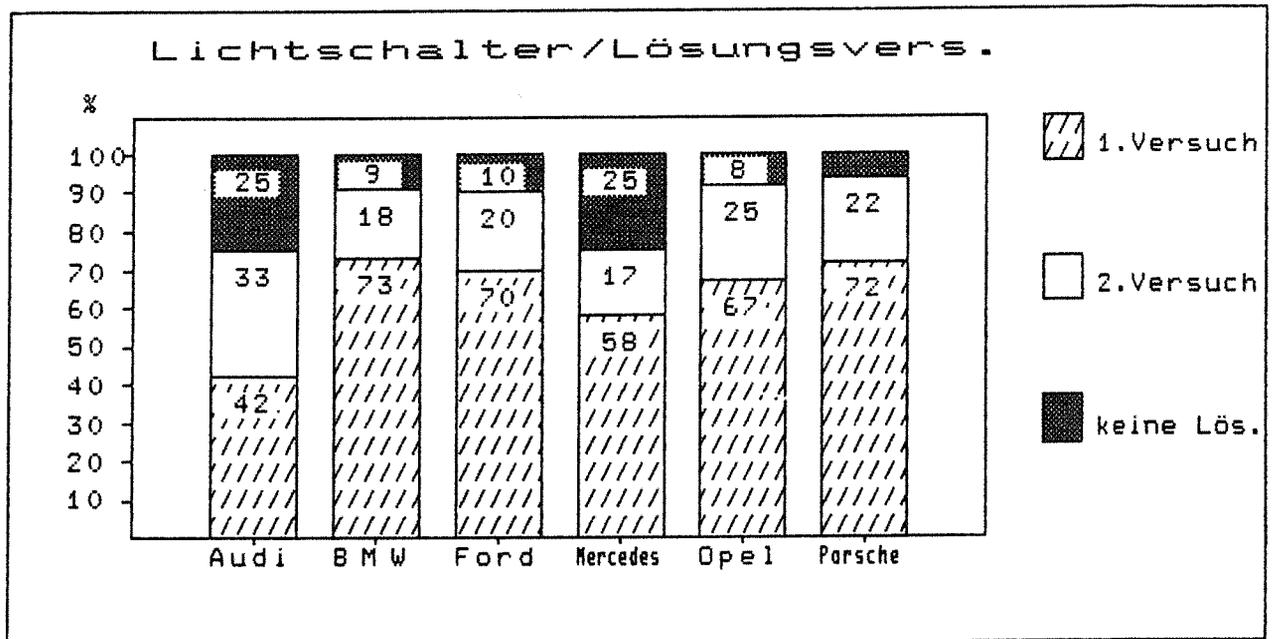


Abb. 3.14a: Lösungsversuche bei Betätigung des Ablendlichts

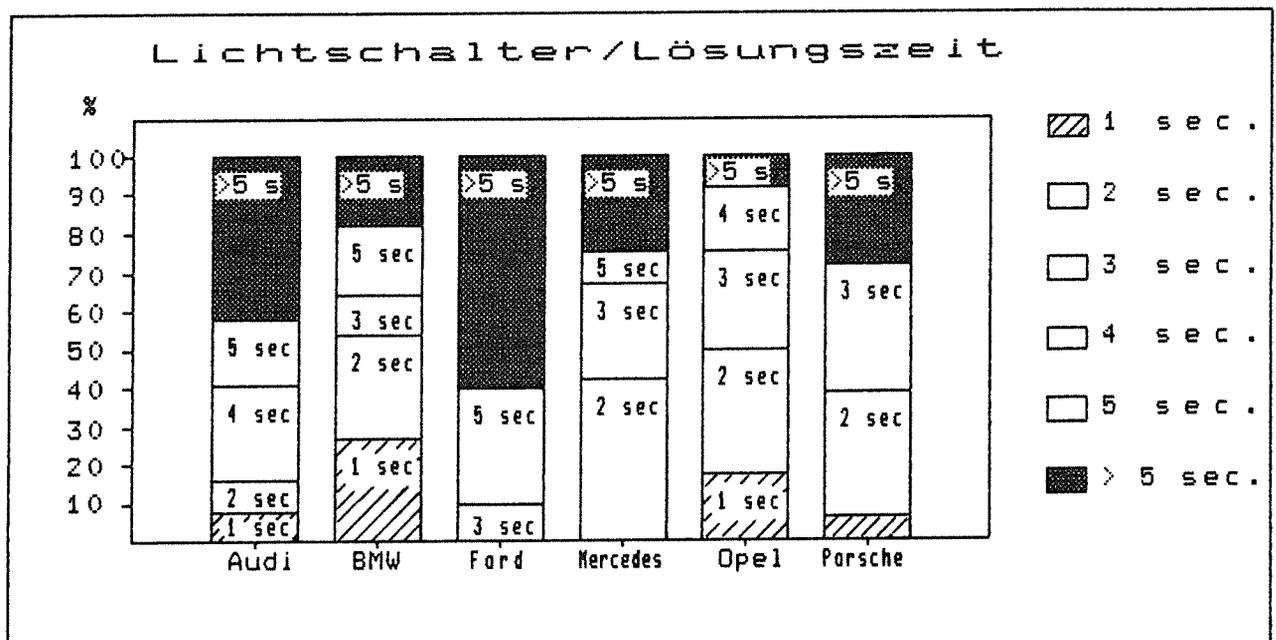


Abb. 3.14b: Lösungszeit bei Betätigung des Ablendlichts

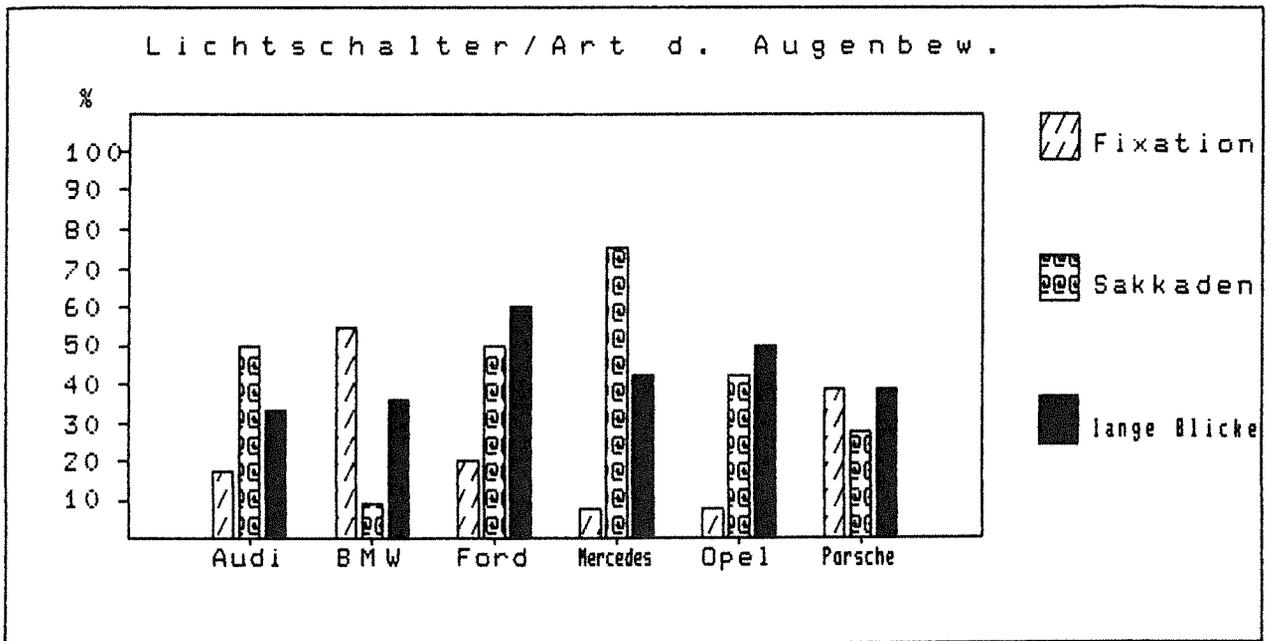


Abb. 3.14c: Art der Augenbewegung bei Betätigung des Ablendlichts

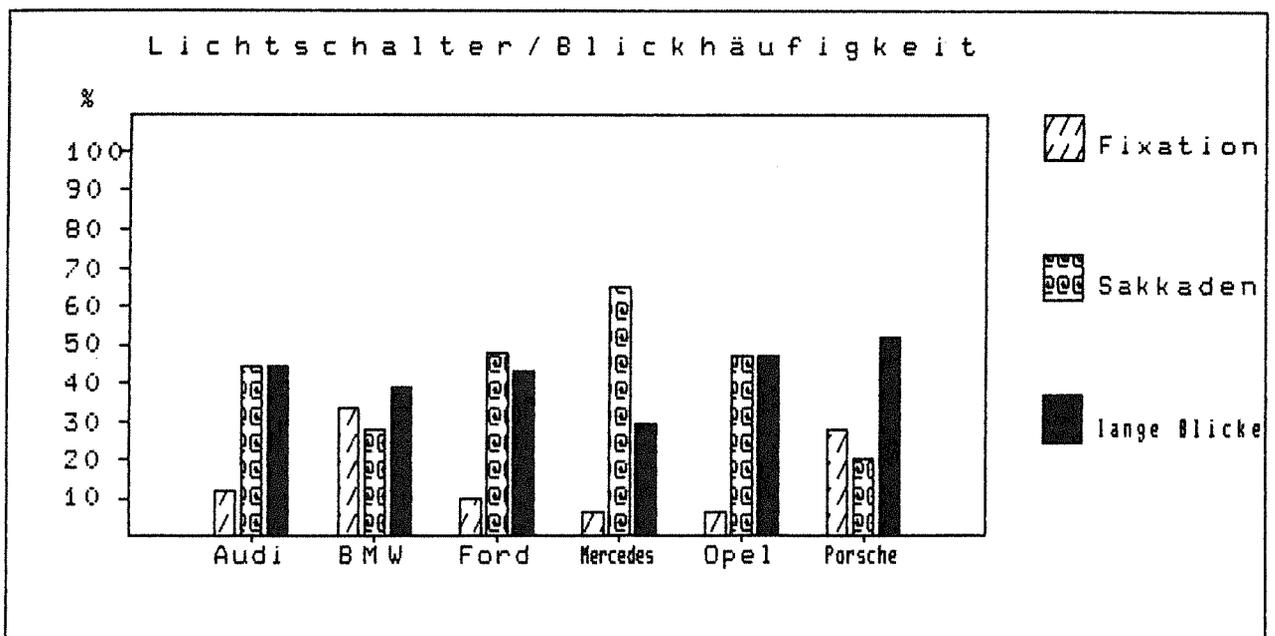


Abb. 3.14d: Blickhäufigkeit bei Betätigung des Ablendlichts

Ergebnisse bei Betätigung des Nebelscheinwerfers

Ford Fiesta und Opel Kadett waren nicht mit Nebelscheinwerfern ausgerüstet.

Bei allen anderen Fahrzeugen befindet sich das Bedienelement am Armaturenbrett links unten, allerdings sind die Schalterarten sehr verschieden.

Beim Porsche 944 und BMW 316 gelingt es den meisten Probanden (82%), den Nebelscheinwerfer beim ersten Versuch einzuschalten. Beim Porsche liegen zwei gleichartige, als Kippschalter ausgelegte Elemente nebeneinander (Nebelscheinwerfer und Zusatzscheinwerfer), beim BMW treffen wir nur eine Drucktaste an. Je nach Größe und Sitzposition des Fahrers können die Schalter bei beiden Fahrzeugen durch das Lenkrad verdeckt sein. Aufgrund der beiden gleichartigen Schalter würden wir beim Porsche längere Lösungszeiten oder häufigere Blickbewegungen erwarten. Tatsächlich gelingt es im BMW 37% der Probanden zu fixieren (im Porsche 0%), die langen Blicke sind in etwa gleich häufig, doch treffen wir beim Porsche wesentlich mehr Sakkaden an. Ein Versuch, hier noch günstiger abzuschneiden, könnte in der Verwendung zweier haptisch verschiedener Schalter (z.B. einer mit geriffelter Oberfläche) beim Porsche liegen.

Beim Mercedes 190 kommen 75% der Versuchspersonen beim ersten Versuch zu einer Lösung, die Lösungszeiten entsprechen in etwa denen des BMW. Bei den Augenbewegungen fällt der - im Vergleich zu den anderen Fahrzeugen - geringe Anteil langer Blicke auf. Dies deutet darauf hin, daß der Multifunktionsdrehknopf einerseits leicht zu finden und in dieser Funktion eindeutig zu bedienen ist (vergleiche den Gegensatz zum Abblendlicht).

Die Nebelscheinwerfer werden beim Audi durch einen Kippschalter in Aktion gebracht; er ist meistens durch das Lenkrad verdeckt. Die Anordnung und Auslegung des Schalters ist im Vergleich zu den anderen Fahrzeugen aber nicht um so viel ungünstiger, um als Erklärung für die längeren Lösungszeiten und die geringere Anzahl richtiger Lösungen beim ersten Versuch zu dienen. Ein Blick auf die Augenbewegungen, die nicht sehr von den übrigen Fahrzeugen abweichen, legt vielmehr eine andere Interpretation der Daten nahe: Im Gegensatz zu allen anderen Fahrzeugen, die mit Nebelscheinwerfer ausgestattet sind, befindet sich beim Audi der Lichtschalter nicht links am Armaturenbrett, sondern ist als Stockschalter am Lenkrad ausgelegt. Der Schalter für die Nebelscheinwerfer ist dadurch völlig isoliert, ohne

Einbindung in die funktionelle Einheit "Licht". Die Erinnerung und das Wiederauffinden seiner Position wird erschwert (vgl. a.a.O., 1987, Kap. Anordnung verschiedener Bedienelemente, S. 223 ff).

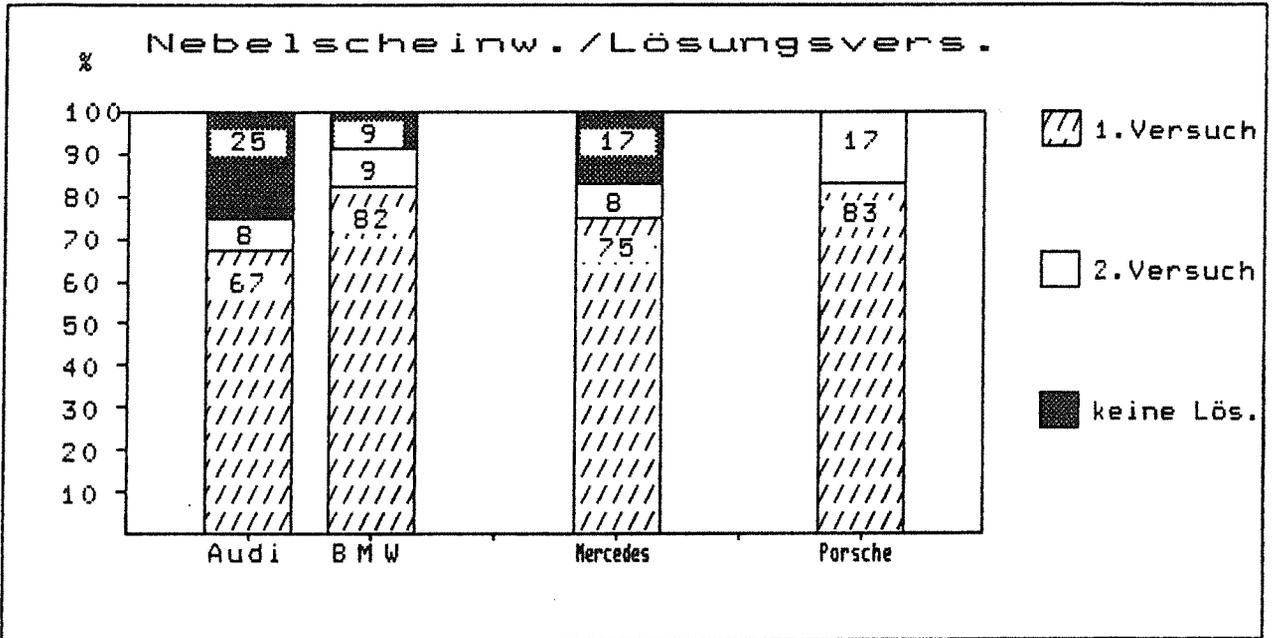


Abb. 3.15a: Lösungsversuche bei Betätigung der Nebelscheinwerfer

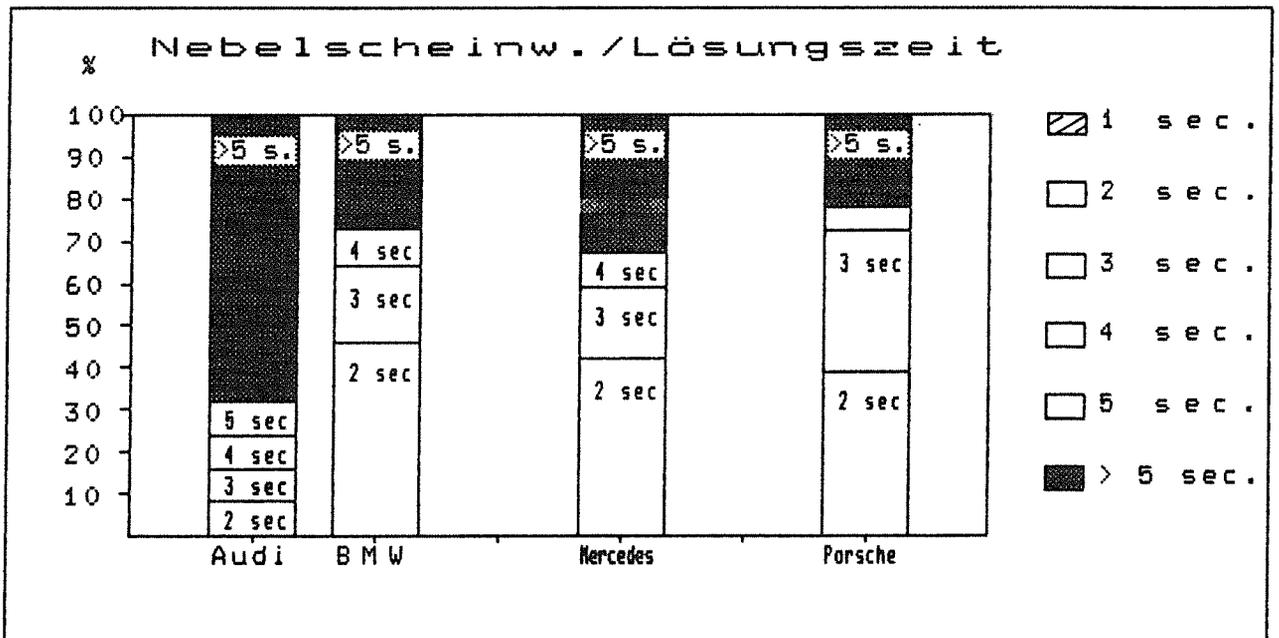


Abb. 3.15b: Lösungszeit bei Betätigung der Nebelscheinwerfer

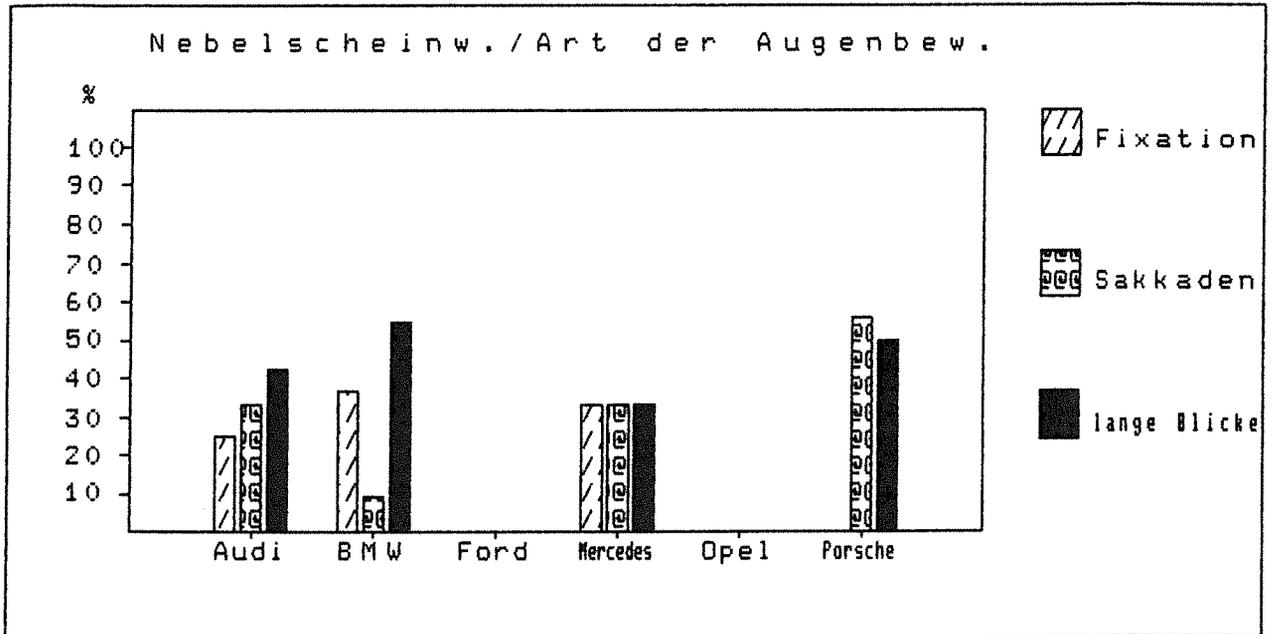


Abb. 3.15c: Art der Augenbewegung bei Betätigung der Nebelscheinwerfer

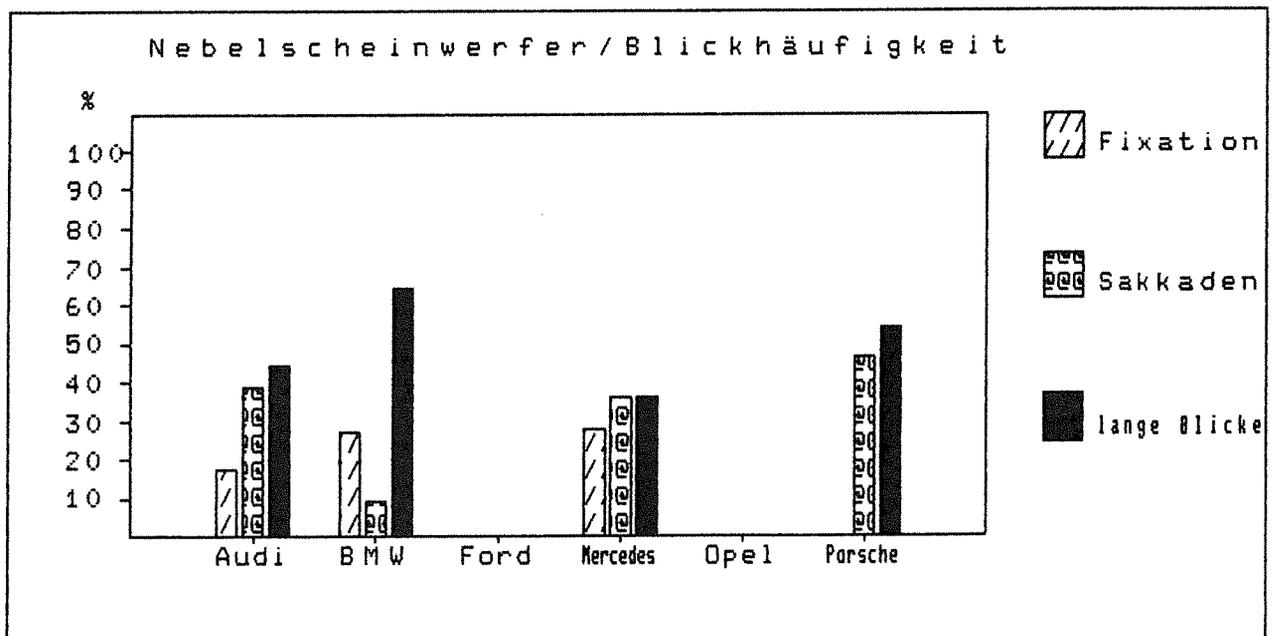


Abb. 3.15d: Blickhäufigkeit bei Betätigung der Nebelscheinwerfer

Ergebnisse bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

Die Scheibenwaschanlage ist bei allen untersuchten Fahrzeugen durch einen Stockschalter zu betätigen, bei Ford und Mercedes durch Drücken des Stockschalters in Richtung Lenkrad, bei den anderen Fahrzeugen durch ziehen in Richtung Fahrer. Beim Mercedes befindet sich der Schalter links am Lenkgestänge, bei den anderen Fahrzeugen rechts.

Betrachten wir zunächst den Opel Kadett, den BMW 316 und den Porsche 944: bei diesen drei Fahrzeugen hat der Stockschalter nur die Wisch-Wasch-Funktion und es befindet sich kein weiterer Stockschalter auf derselben Lenkradseite. Eigentlich müßten wir bei diesen Fahrzeugen sehr ähnliche Ergebnisse vorfinden, doch schneidet der Opel Kadett mit 83% richtigen Lösungen beim ersten Versuch, kürzeren Lösungszeiten und einer geringeren Zahl langer Blicke günstiger ab als die anderen beiden. Die Erklärung ist im Detail zu finden: Erstens fallen die Lenkradspeichen des Opel schräg nach unten ab, zweitens ist der Stockschalter durch eine Nase nach unten verlängert. Die Sichtbarkeit und der Aufforderungscharakter zum Ziehen des Schalters werden so positiv beeinflusst.

Der Audi 100 liegt mit 75% auf Anhieb richtiger Lösungen an zweiter Stelle. Zwar sind bei diesem Fahrzeug zwei Stockschalter hintereinander angeordnet, doch ist der vorne liegende Hebel für die Warnblinkanlage, wie bereits berichtet, sehr kurz und in dezentem grau, so daß die Scheiben-Wisch-Wasch-Funktion davon nicht beeinträchtigt wird. Bei den Lösungszeiten liegt der Audi zwischen BMW und Porsche.

Der Ford Fiesta weist die ungünstigsten Werte bei "keine Lösung", "Lösungszeit" und "lange Blicke" auf. Dieses Ergebnis kann zwei Ursachen haben:

Der Stockschalter muß in Richtung Lenkrad gedrückt werden, was dem Aussehen des Schalters widerspricht (vgl. a.a.O., 1987, S.219 ff). Ein Stockschalter wirkt eher wie ein Stab, und die bewegungskompatiblen Funktionen, die man an ihm ausführen wird, sind: nach oben oder unten, bzw. zum Fahrer her und von ihm weg bewegen. Der Gedanke, ihn Richtung Lenksäule zu drücken, wird spontan nicht realisiert, da dies eine vergleichsweise schwierige motorische Handlung darstellt. Die funktionelle Gliederung des Schalters in zwei Segmente, an dessen Ende ein kleines Dreieck die Funktion erklären soll, ist offensichtlich zu filigran ausgefallen, um ein derart gravierendes "Umfunktionieren" auslösen zu können.

Ergebnisse bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

Die Scheibenwaschanlage ist bei allen untersuchten Fahrzeugen durch einen Stockschalter zu betätigen, bei Ford und Mercedes durch Drücken des Stockschalers in Richtung Lenkrad, bei den anderen Fahrzeugen durch ziehen in Richtung Fahrer. Beim Mercedes befindet sich der Schalter links am Lenkgestänge, bei den anderen Fahrzeugen rechts.

Betrachten wir zunächst den Opel Kadett, den BMW 316 und den Porsche 944: bei diesen drei Fahrzeugen hat der Stockschalter nur die Wisch-Wasch-Funktion und es befindet sich kein weiterer Stockschalter auf derselben Lenkradseite. Eigentlich müßten wir bei diesen Fahrzeugen sehr ähnliche Ergebnisse vorfinden, doch schneidet der Opel Kadett mit 83% richtigen Lösungen beim ersten Versuch, kürzeren Lösungszeiten und einer geringeren Zahl langer Blicke günstiger ab als die anderen beiden. Die Erklärung ist im Detail zu finden: Erstens fallen die Lenkradspeichen des Opel schräg nach unten ab, zweitens ist der Stockschalter durch eine Nase nach unten verlängert. Die Sichtbarkeit und der Aufforderungscharakter zum Ziehen des Schalters werden so positiv beeinflusst.

Der Audi 100 liegt mit 75% auf Anhieb richtiger Lösungen an zweiter Stelle. Zwar sind bei diesem Fahrzeug zwei Stockschalter hintereinander angeordnet, doch ist der vorne liegende Hebel für die Warnblinkanlage, wie bereits berichtet, sehr kurz und in dezentem grau, so daß die Scheiben-Wisch-Wasch-Funktion davon nicht beeinträchtigt wird. Bei den Lösungszeiten liegt der Audi zwischen BMW und Porsche.

Der Ford Fiesta weist die ungünstigsten Werte bei "keine Lösung", "Lösungszeit" und "lange Blicke" auf. Dieses Ergebnis kann zwei Ursachen haben:

Der Stockschalter muß in Richtung Lenkrad gedrückt werden, was dem Aussehen des Schalters widerspricht (vgl. a.a.O., 1987, S.219 ff). Ein Stockschalter wirkt eher wie ein Stab, und die bewegungskompatiblen Funktionen, die man an ihm ausführen wird, sind: nach oben oder unten, bzw. zum Fahrer her und von ihm weg bewegen. Der Gedanke, ihn Richtung Lenksäule zu drücken, wird spontan nicht realisiert, da dies eine vergleichsweise schwierige motorische Handlung darstellt. Die funktionelle Gliederung des Schalters in zwei Segmente, an dessen Ende ein kleines Dreieck die Funktion erklären soll, ist offensichtlich zu filigran ausgefallen, um ein derart gravierendes "Umfunktionieren" auslösen zu können.

Beim Mercedes 190 ist die hier interessierende Funktion in einen Multifunktions-Stockschalter eingebaut: Schalter nach oben drücken = Blinker rechts, nach unten = Blinker links, nach hinten = Lichthupe, nach vorn = Fernlicht, Schalter in sich vom Fahrer weg drehen = wischen, je weiter gedreht wird, desto schneller, Schalter Richtung Lenkgestänge drücken = waschen. Der Mercedes liegt mit 58% sofort richtig ausgeführten Lösungen an letzter Stelle, 17% der Versuchspersonen gelang keine Lösung der Aufgabe. Ein Teil der Personen kommt mit dieser Auslegung sehr schnell zurecht, der Rest braucht sehr lange. Bezüglich der langen Blicke liegt der Mercedes mit 42% neben dem BMW und schneidet besser ab als der Ford. Die Suche nach dem richtigen Schalter wird (im Vergleich zum Ford) vereinfacht, da das Fahrzeug nur mit einem Stockschalter ausgestattet ist. Der Fahrer muß also nicht entscheiden, welchen Stockschalter er bedienen wird, wohl aber, in welche der sechs prinzipiell möglichen Richtungen er dieses komplexe Bedienelement bewegen soll.

Der Vergleich der Auswirkungen von Ausführung und Position des Schalters bestätigt für die Scheibenwaschanlage die bisher dargestellten Ergebnisse: Die funktionell identische bzw. nicht identische Ausführung des Bedienelements und nicht die Position links bzw. rechts vom Lenkrad ist für die Lösungsschnelligkeit und -sicherheit der Aufgabe "Betätigen der Scheibenwaschanlage" verantwortlich.

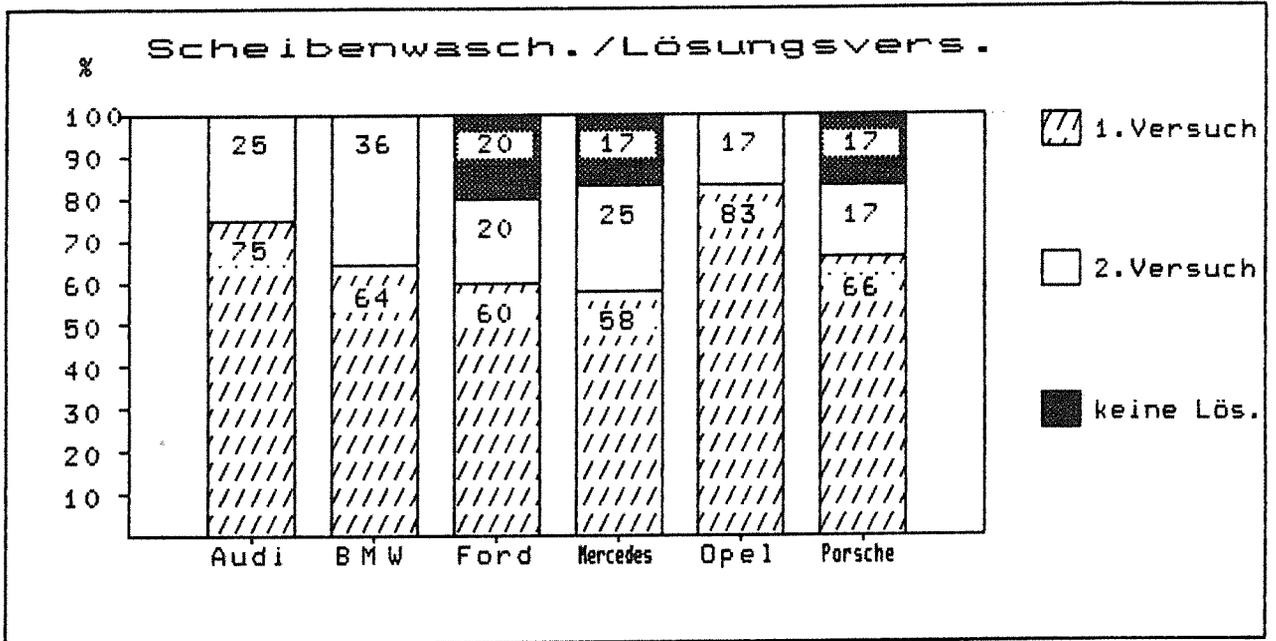


Abb. 3.16a: Lösungsversuche bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

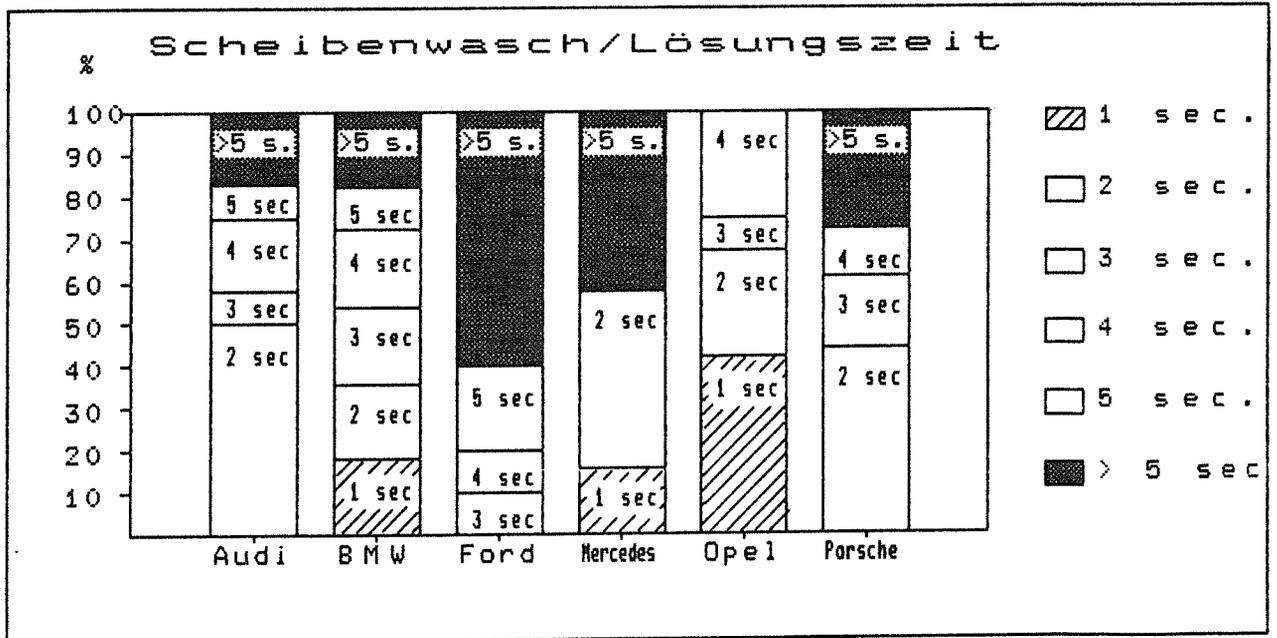


Abb. 3.16b: Lösungszeit bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

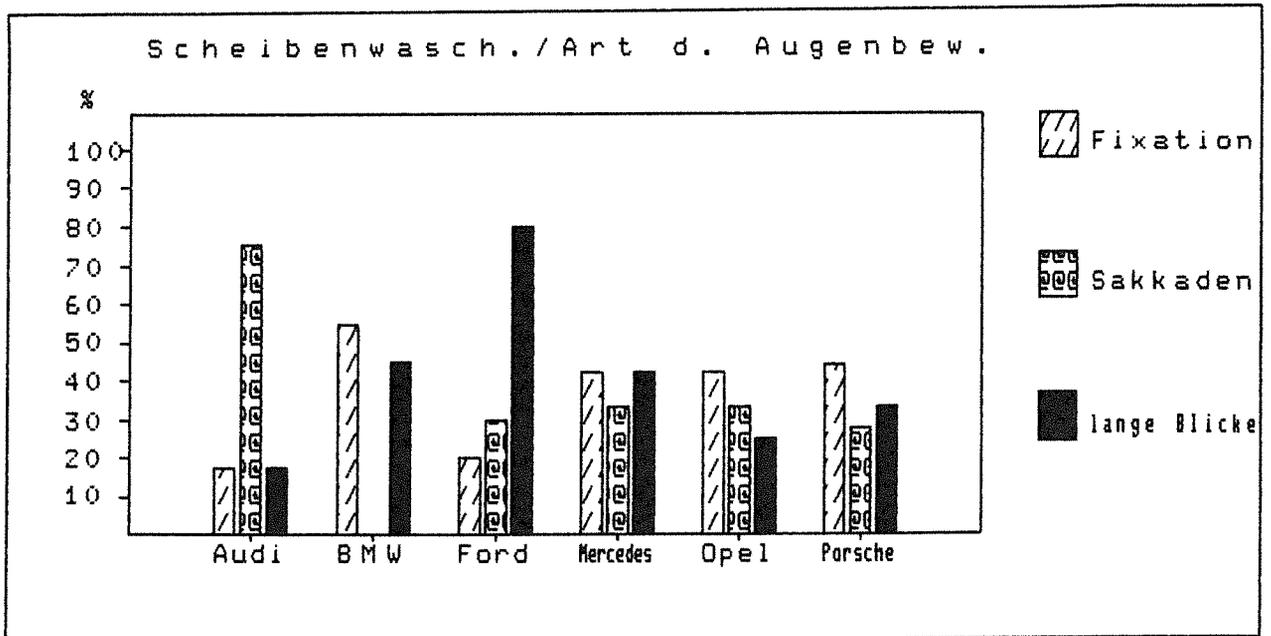


Abb. 3.16c: Art der Augenbewegung bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

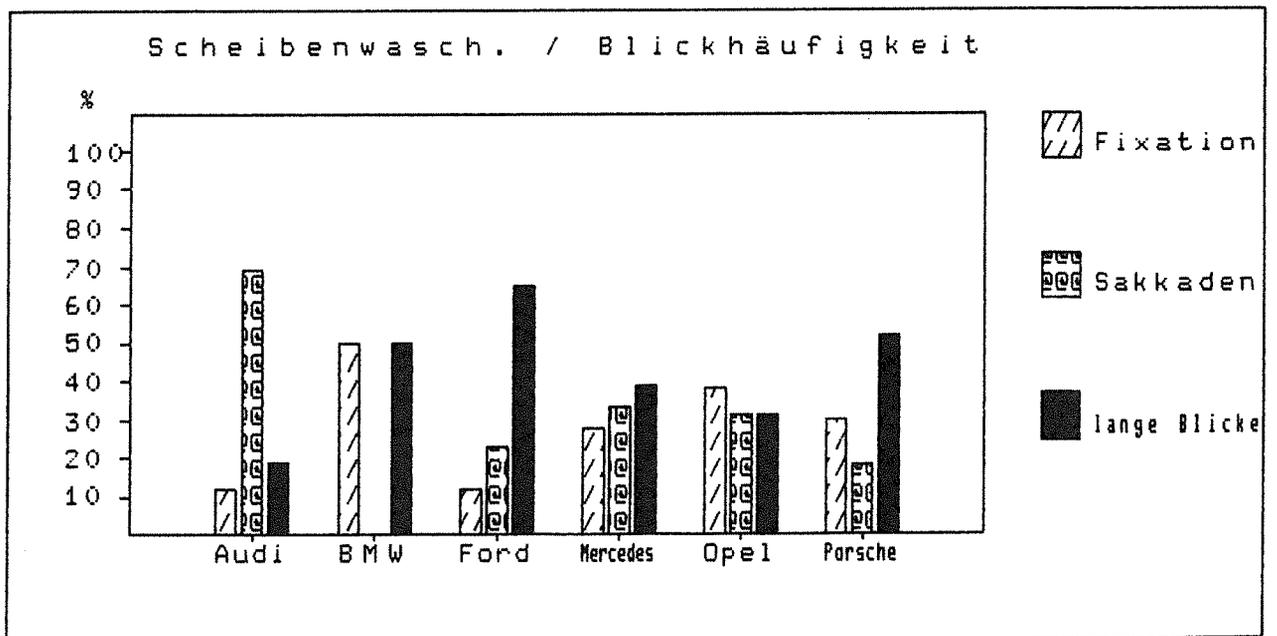


Abb. 3.16d: Blickhäufigkeit bei Betätigung der Scheibenwaschanlage

Ergebnisse bei Betätigung der Heizung

Mercedes und Ford haben zur Heizungsregulierung zwei Drehschalter, allerdings an unterschiedlicher Position: beim Ford Fiesta ist das Armaturenbrett in den Fahrgastraum hineingezogen und die beiden Drehknöpfe befinden sich untereinander, seitlich rechts oben, beim Mercedes liegen die Drehknebel auf der Mittelkonsole nebeneinander.

Beide Fahrzeuge verzeichnen beim ersten Versuch die häufigsten Lösungen, die Lösungszeit differiert jedoch stark. Die langen Lösungszeiten beim Ford gehen auf die Auslegung der Anzeige als "offenes Fenster" zurück. Das "offene Fenster" ist günstig zum exakten Ablesen von Werten, liefert aber kein Bezugssystem (vgl. a.a.O., 1987, Kap. Darstellungsform, S.84 ff). Der Fahrer hat also keine Möglichkeit, seine Einstellung in Relation zur Gesamtskala zu stellen. Er muß erst einmal einen größeren Skalenbereich abfahren, um die geeignete Stellung zu finden.

Audi, BMW und Porsche regeln die Temperatur mit einem Drehknebel, die Luftverteilung mit einem bzw. mehreren horizontalen Schieberegler. Die etwas schlechteren Werte bezüglich der Lösung beim ersten Versuch beim Porsche (61%) im Vergleich zu den beiden anderen (um 75%) haben wahrscheinlich folgende Ursache: beim Porsche erstreckt sich die "Mittelkonsole" von der Lenksäule bis weit hinüber zur Beifahrerseite, ist also nicht wirklich in der Mitte, von oben nach unten in den Fußraum reichend. Dadurch, und durch die Vielzahl der vorhandenen Klimafunktionen, sind die Regler stärker in die Reihe anderer Elemente eingebettet, wodurch die Aufgabe schwieriger wird.

Die insgesamt größte Anzahl von nicht erfolgten Lösungen weist der Audi auf. Sie geht vor allem auf das Konto der schwierigen Regulierung der Luftverteilung mit einem horizontalen Schieberegler: rechts = oben, Mitte = unten, links = Luftdüsen vorne. Bei BMW und Porsche sind diese Funktionen in getrennten Reglern angelegt.

Die vollkommen andersartige Ausführung mit zwei vertikalen Schieberegler beim Opel Kadett führt nicht zu schlechteren Resultaten als die Auslegung mit Drehknebel und Schieberegler. Dies zeigt, daß verschiedene Lösungsansätze durchaus gleichberechtigt nebeneinander stehen können.

Die Blickdauer zur Heizungsregulierung ist bei allen Fahrzeugen relativ lang.

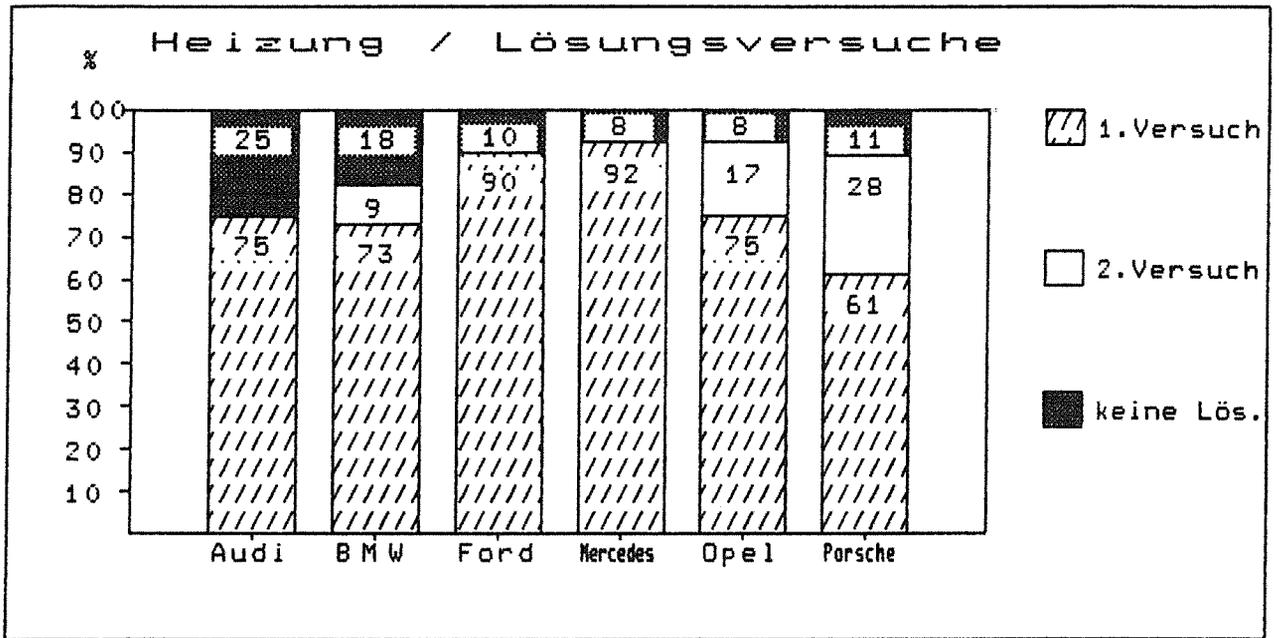


Abb. 3.17a: Lösungsversuche bei Betätigung der Heizung

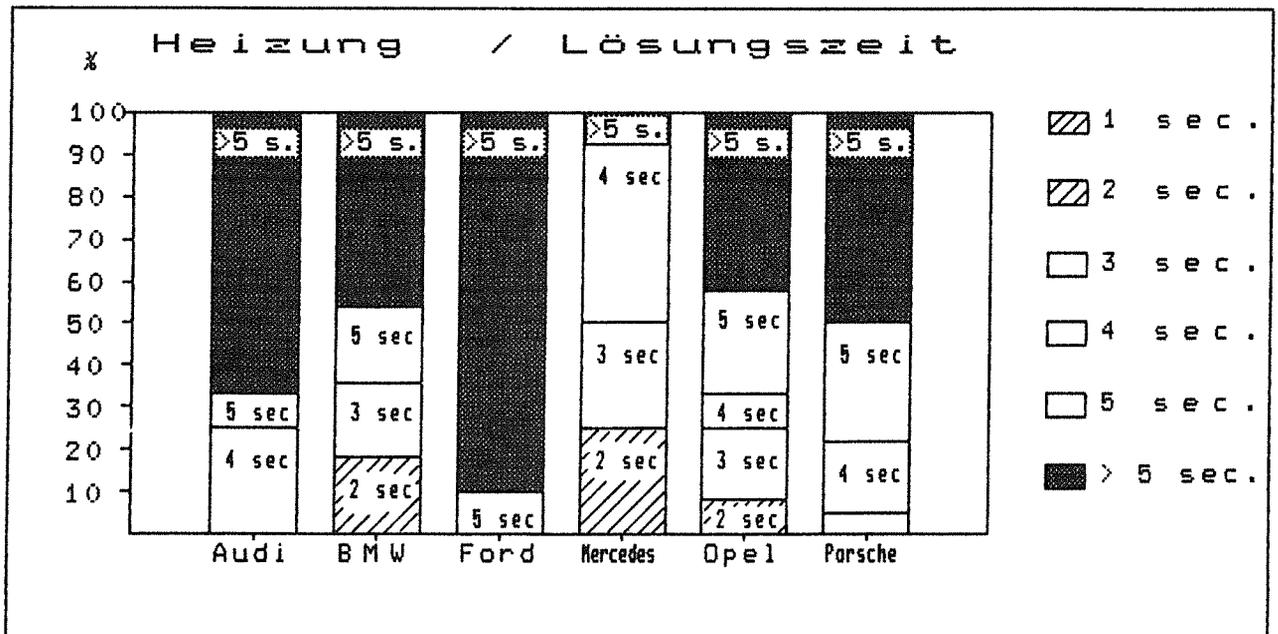


Abb. 3.17b: Lösungszeit bei Betätigung der Heizung

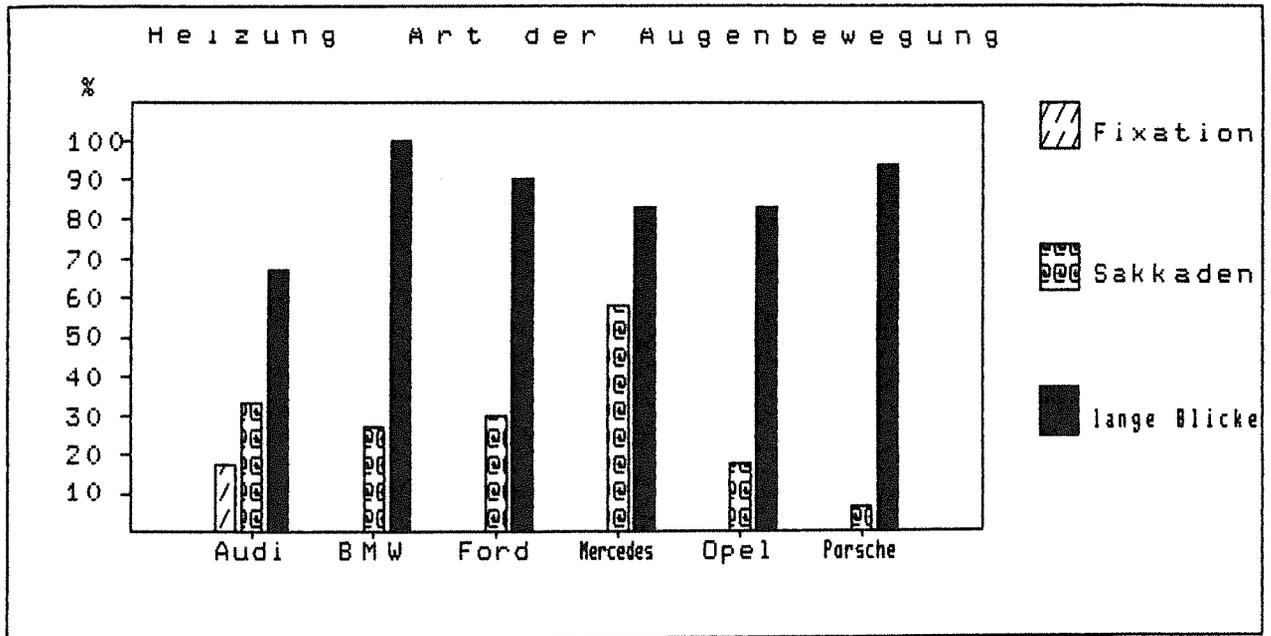


Abb. 3.17c: Art der Augenbewegung bei Betätigung der Heizung

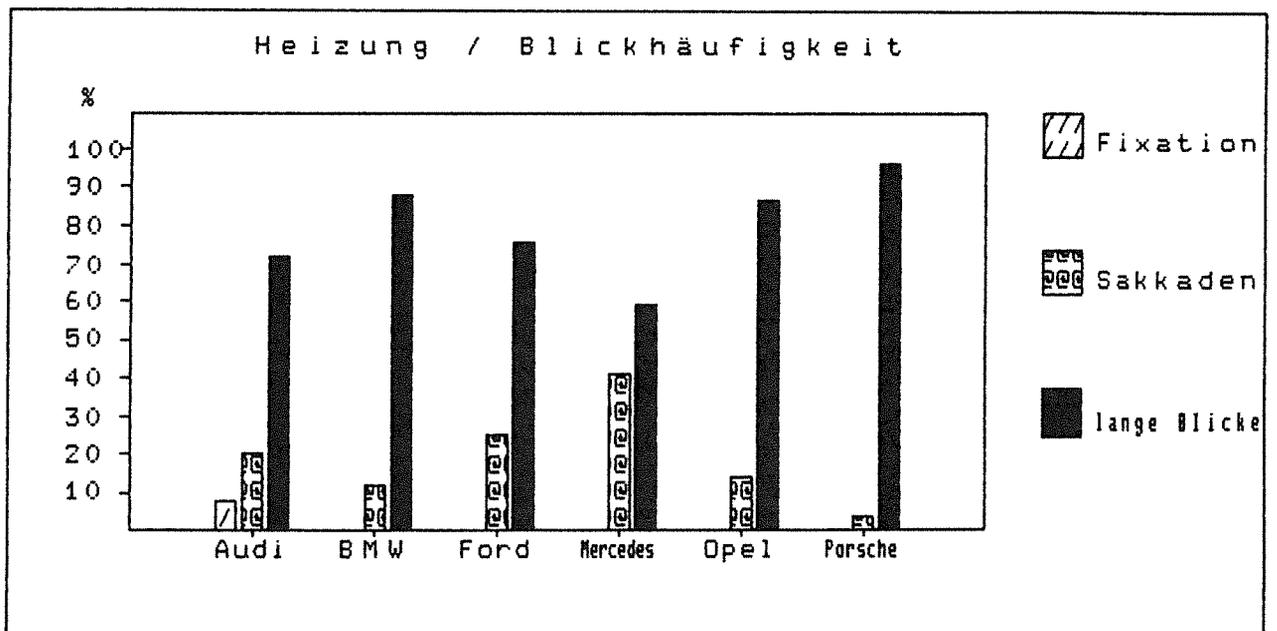


Abb. 3.17d: Blickhäufigkeit bei Betätigung der Heizung

Ergebnisse bei Betätigung des Gebläses

Auch hier führen die unterschiedlichen Auslegungen beim Opel Kadett (Schieberegler vertikal für Richtung, Drehknopf für Gebläsestärke) und beim Mercedes 190 (Drehknebel für Richtung, Schieberegler horizontal für Gebläsestärke) zu vergleichbar guten Lösungen. Beim Opel ist die Bewegungsrichtung und die zugehörige Luftverteilung hoch kompatibel. Beim Mercedes wird dies durch klare Rückmeldung (Pfeile) erreicht.

Die Problematik beim Ford Fiesta (nur 50% richtige Lösungen beim ersten Versuch, sehr lange Lösungszeiten) geht auf die Kombination von "oben", "unten" und "Lüftungsklappen geschlossen" in einem "offenen Fenster" neben dem Drehknopf zurück. Dreht der Fahrer nach oben, so kommt er, je nach Ausgangsposition, in die Stellung "Defrost" oder "Luftaustritt geschlossen". Wie bei der Heizungsregulierung fehlt der Überblick über die gegebenen Möglichkeiten und Informationen zur adäquaten Handlung. Beim Gebläse des Audi dürfte, wie bei der Heizungsregelung, die richtige Luftverteilung Probleme bereitet haben (50% richtige Lösungen beim ersten Versuch, lange Lösungszeiten).

Auch bei dieser Klimaregelungs-Aufgabe ist die Abwendung des Blicks von der Fahrbahn lang.

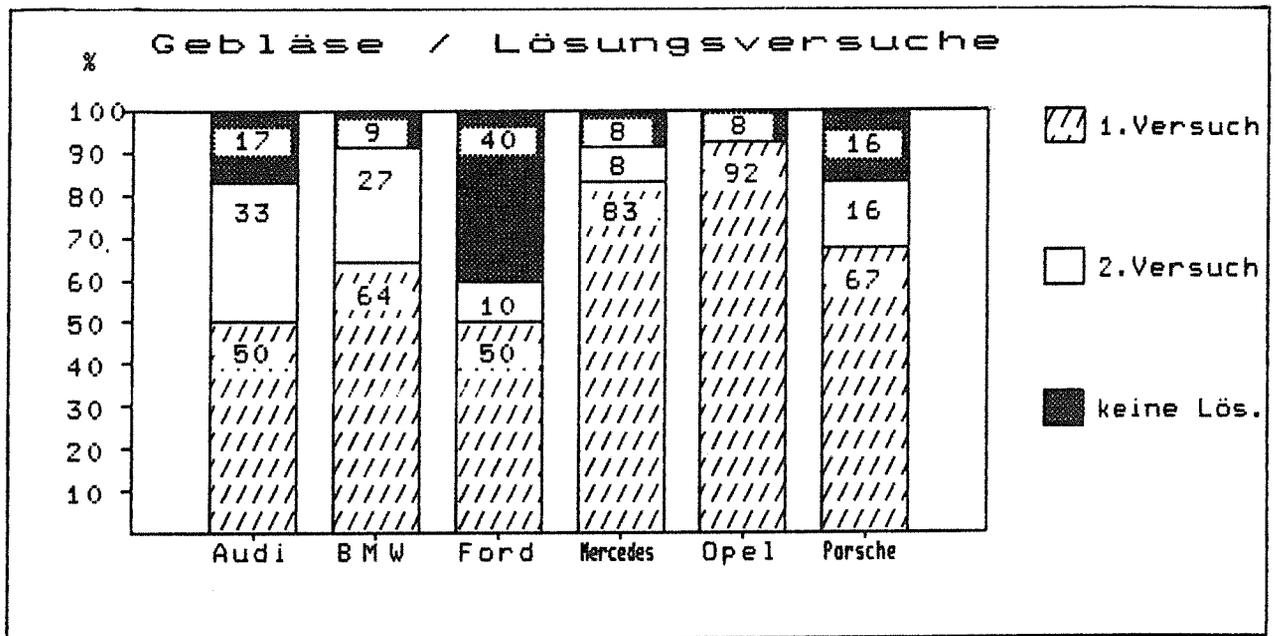


Abb. 3.18a: Lösungsversuche bei Betätigung des Gebläses

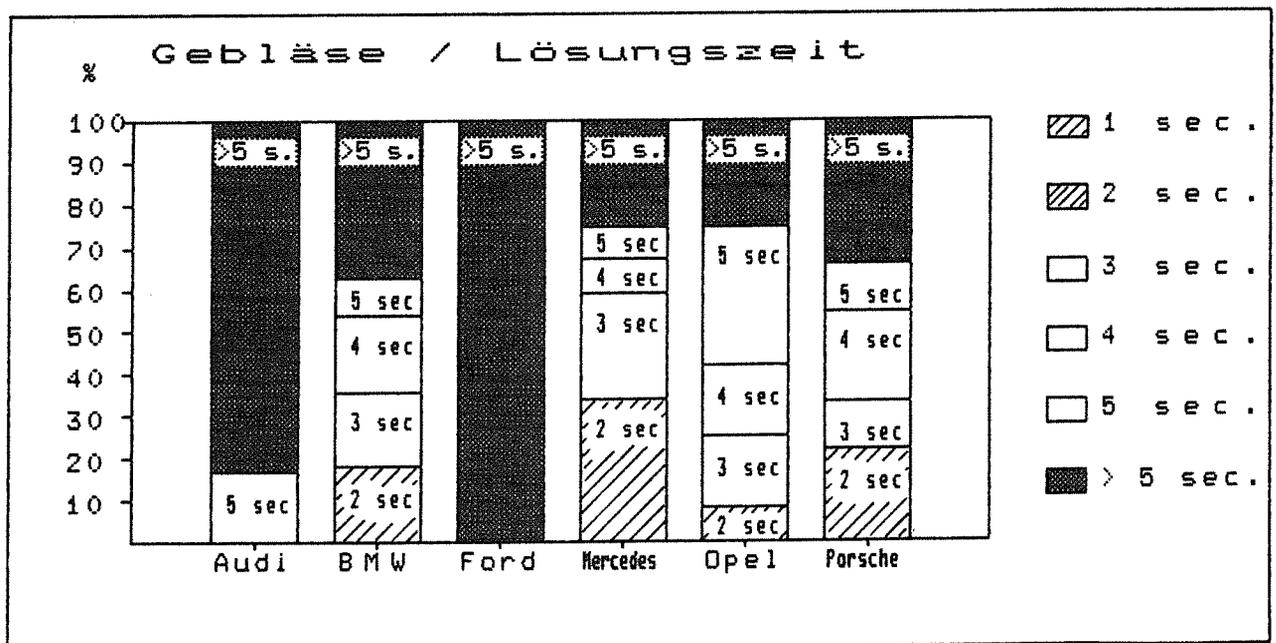


Abb. 3.18b: Lösungszeit bei Betätigung des Gebläses

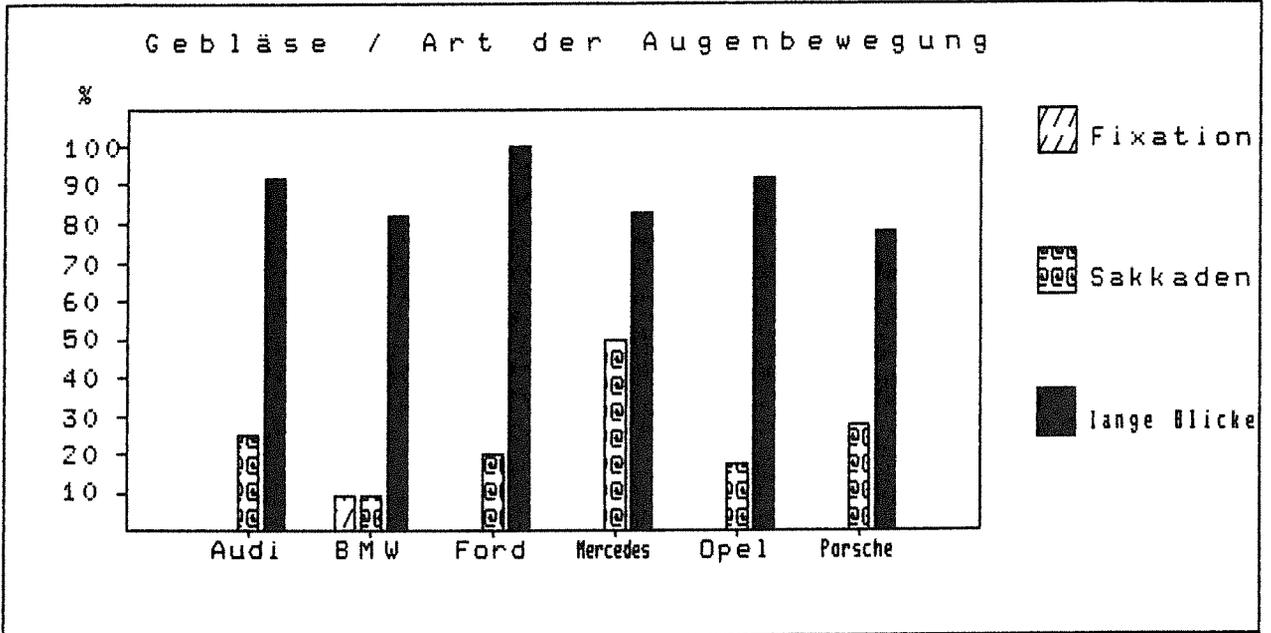


Abb. 3.18c: Art der Augenbewegung bei Betätigung des Gebläses

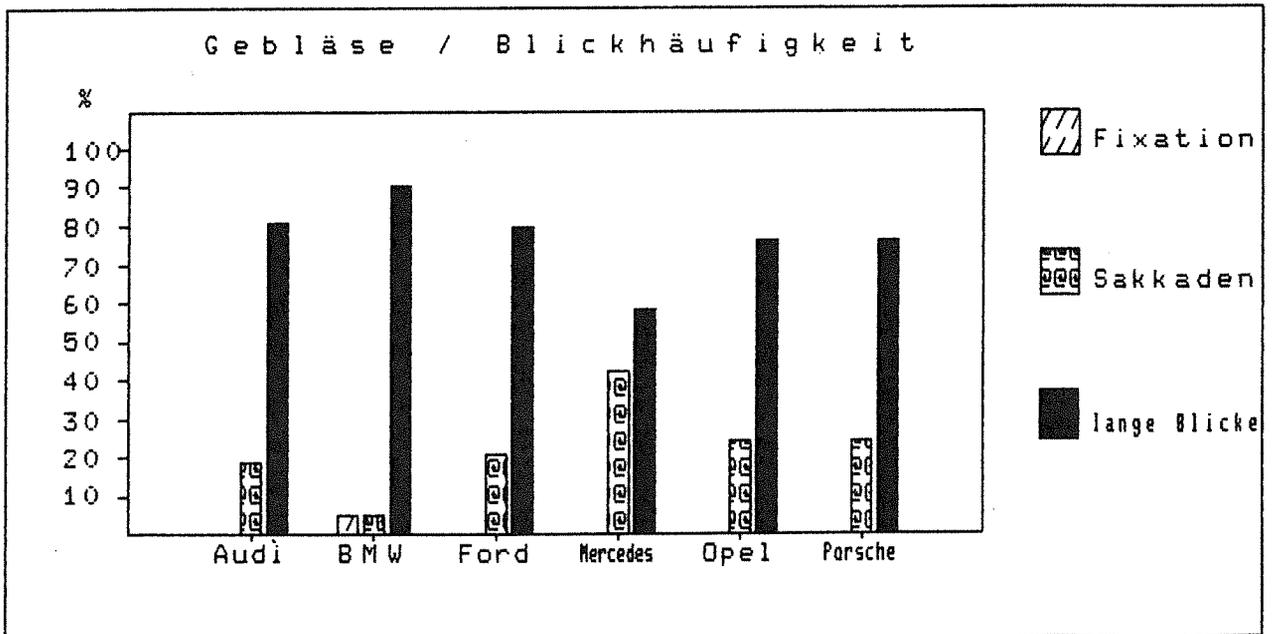


Abb. 3.18d: Blickhäufigkeit bei Betätigung des Gebläses

3.2.7. Zusammenfassung

Der Vergleich verschiedener Fahrzeuge, bei denen sich die Bedienelemente entweder durch ihre Ausführung, Position oder beides unterscheiden, erbringt eine Reihe interessanter Aufschlüsse über die Gestaltung von Bedienelementen. Obwohl diese Ergebnisse an herkömmlichen Bedienelementen erhoben wurden und somit auch nur für diese Gültigkeit besitzen, enthalten sie bereits Hinweise für die Auslegung von Softkeys im Kraftfahrzeug. Die Analyse der Daten zeigt, daß - erwartungsgemäß - die Definition des Begriffs "gleich" für zwei Bedienelemente mit Schwierigkeiten verbunden ist: die Problematik liegt oft im Detail. Beipielsweise ist der Lichtschalter beim Porsche 944 und beim Mercedes 190 als Drehknebel ausgelegt; die vielen Funktionen beim Mercedes führen aber zu größeren Bedienungsproblemen. Besonders deutlich wird das Problem auch bei der Heizungs- und Lüftungsregulierung, bei der im Prinzip gleiche Bedienelemente zu Lösungen verschiedener Güte führen. Die Erklärung liegt hier in der Einbettung in andere Bedienelemente oder in der Variation der optischen Aufmachung. Welche generellen Schlußfolgerungen sind nun aus diesem Versuch zu ziehen?

Kompatibilität von Ausführung des Bedienelements und Bewegungsrichtung:

Kompatibilität von Anzeige- und Bedienelementen wird häufig als Gestaltungsforderung genannt. Ebenso wichtig ist jedoch die Kompatibilität eines Bedienelements mit der am Element auszuführenden Bewegung. Hierzu einige Beispiele: Die Warnblinkanlage des Opel Kadett erzielte in diesem Versuch die besten Werte. Neben der guten Sichtbarkeit ist dies sicherlich mit bedingt durch Auslegung und optische Gestaltung des Druckknopfes. Die Warnblinkanlage muß meist unter Zeitdruck, häufig zur Warnung vor Staus auf der Autobahn betätigt werden, d.h. in einer Phase mit extremer Bremsverzögerung. Der durch das Bremsen verursachten "nach-vorn-Bewegung" des Fahrers entspricht das Drücken einer Taste sehr gut. Beim Ford Fiesta, bei dem der Knopf für die Warnblinkanlage ebenfalls sehr gut sichtbar ist, zeigt sich, daß die Form des Knopfes zu einer falschen Betätigung verleitet (ziehen anstatt drücken). Ein besonders wichtiges Beispiel stellen die Stockschalter dar. Das Drücken auf einen Stockschalter ist eine sehr ungewöhnliche Betätigung, die zu langen Lösungszeiten führt (z.B. Hupe beim Ford Fiesta, Scheibenwaschanlage beim Mercedes 190 und

Ford Fiesta). Die intuitive Betätigung eines Stockschalers ist horizontal und vertikal, wobei die Bewegung nach oben "ein", die nach unten "aus" bedeutet. Für die Betätigung der Scheibenwaschanlage ist mittlerweile "ziehen am Stockschalter" die am weitesten verbreitete Auslegung. Mit letzter Sicherheit läßt sich nicht mehr ausmachen, welcher Anteil richtiger Bedienung hier auf Gewöhnung und welcher auf selbsterklärende Gestaltung zurückgeht. "Ziehen" hat jedoch gegenüber dem "nach vorne drücken" den Vorteil, daß es der intendierten Richtung des Wasserstrahls entspricht. Ein gutes Beispiel für Kompatibilität ist das Fernlicht: Nach vorne drücken = Lichtkegel dehnt sich aus; nach hinten ziehen = Lichtkegel wird kürzer.

Normierung:

Aus dem bisher Gesagten könnte man den voreiligen Schluß ziehen, für alle Bedienelemente gäbe es nur eine einzige richtige Gestaltung - eine Normierung aller Funktionen sei daher unerläßlich. Einige Beispiele zeigen jedoch, daß ganz unterschiedliche Gestaltungsvarianten zu gleich guten Ergebnissen führen. So ist beispielsweise die Auslegung der Hupe im Pralltopf oder als Drucktasten im Lenkradkranz als gleich gut und sinnfällig zu bezeichnen. Auch ein Vergleich der Heizungsregulierung (z.B. Opel Kadett mit zwei Schieberegler vertikal versus Mercedes 190 mit zwei Drehknöpfen) spricht gegen die Forderung der totalen Normierung zur Erhöhung der Bedienungssicherheit und damit der Verkehrssicherheit. Vielmehr müssen bei der Gestaltung jedes Einzelelements und der Gesamtanordnung eine Vielzahl von Gesichtspunkten beachtet werden. So liegt etwa die Heizungsregulierung beim Ford Fiesta im optimalen Greifraum und die Auslegung mit zwei Drehknöpfen unterscheidet sich kaum von anderen Fahrzeugen. Die Darstellung der eingestellten Lüftungs- oder Heizungsstärke mit einem "offenen Fenster" ist aber für eine Bereichswahl, die auf Bezugspunkte angewiesen ist, ungünstig.

Bildung funktioneller Einheiten:

Wie auch in anderen Bereichen (z.B. Flugzeugbau) ist die Bildung von klar abgetrennten funktionellen Einheiten anzustreben. Ein gutes Beispiel hierfür bietet der Vergleich der Schalter für die Nebelscheinwerfer. Bei Audi 100, BMW 316 und Porsche 944 ist er etwa in gleicher Position angebracht. Beim Audi steht er jedoch völlig isoliert und ohne Bezug zu den übrigen "Licht"-Funktionen, die als Stockschalter ausgelegt sind. Entsprechend schlechter sind auch die Lösungszeiten, da sich der Fahrer keine zuverlässige Struktur aufbauen kann, nach dem Schema: Wo finde ich welche Bedienungseinheit in meinem Fahrzeug?

Funktionelle Einheiten bilden mittlerweile meist die Heizungs- und Klimafunktionen. Sie sind besonders leicht aufzufinden und zu bedienen, wenn sie klar abgegrenzt und gegliedert sind.

Nach den vorliegenden Ergebnissen ist die Bedeutung funktionaler Einheiten für die sichere Betätigung von Bedienelementen wichtiger als die Normierung der Position.

Besonderes Augenmerk ist deshalb vor allem auf die Zusatzfunktionen, wie elektrischer Fensterheber, Nebelscheinwerfer, elektrisches Schiebedach etc. zu richten. Die Bedienelemente dieser Sonderausstattungen werden bisher entweder an einem beliebigen freien Platz angeordnet (mit Vorliebe im Bereich der Mittelkonsole) oder in einem Tastenfeld zusammengefaßt, in dem völlig unterschiedliche Funktionen wahllos aufgereiht sind.

Um übermäßige Ablenkung von der Fahraufgabe zu vermeiden, wäre es besser, die Bedienelemente von Sonderausstattungen in die logische Klasse ähnlicher Betätigungen zu integrieren (z.B. Heckwischer zu Wischerfunktionen).

Multifunktionsschalter:

Schalter mit vielen Funktionen haben zweifellos den Vorteil, Bedienfunktionen im optimalen Greifraum des Fahrers zu "bündeln". Sie tragen damit dem begrenzten Raumangebot im Fahrzeug Rechnung. Die Frage, wieviele Funktionen sinnvoll zusammengefaßt werden können, ist anhand der bisher erhobenen Daten noch nicht abschließend zu beantworten. Sie ist von vielen Parametern abhängig, wie zum Beispiel Kompatibilität von Funktion und Bedienelement (vgl. Scheibenwaschanlage), mögliche sinnvolle Betätigungen eines Bedienelements (z.B. "ziehen" und "drehen" eines Drehnebels beim Lichtschalter des Mercedes 190) und gegenseitige Abgrenzung der einzelnen Funktionen. Ein Vergleich der Lichtschalter des Porsche 944 und des Mercedes 190 zeigt aber deutlich, daß Schalter mit vielen Funktionen nicht unproblematisch sind. Diese Tatsache gilt es vor allem bei der Untersuchung über Softkeys zu berücksichtigen.

4. Defizitanalyse zu Piktogrammen

4.1. Zielsetzung

Piktogramme sind Symbole, die dem Fahrer Information in bildlicher Form übermitteln sollen (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. Symbole, S. 137 ff). Ihr Vorteil liegt in der schnellen Wahrnehmbarkeit, dem geringeren Platzbedarf im Vergleich zum Schriftfeld, und ihrer sprachlichen Unabhängigkeit. Ihr Nachteil liegt in der Menge von Symbolen, die inzwischen Verwendung finden - 107 Piktogramme enthält allein der DIN-Entwurf 70005, Teil 2 (1985) für den Kfz-Bereich.

Eine Studie von Elizabeth HEARD (1974) zur Verständlichkeit von Piktogrammen, bei der Benutzer in vier Ländern befragt wurden, erbrachte falsche Antworten in der Größenordnung zwischen 26 und 93 %, je nach Piktogramm.

Ziel dieser Untersuchung ist zu erfahren, ob die weite Verbreitung der Piktogramme in vielen Lebensbereichen (z.B. an Flughäfen, Bahnhöfen, Sportstätten, in Kraftfahrzeugen) im Verständnis der Fahrer eine Änderung bewirkt hat. Um den aktuellen Wissensstand von Kraftfahrern über Piktogramme im Kraftfahrzeug zu erfassen, werden Funktionen, die die Verkehrssicherheit betreffen (z.B. Warnblinkanlage), betriebsnotwendige Funktionen (z.B. Motorkühlmittelstand) und Funktionen, die die individuellen Bedürfnisse des Fahrers und die situativen Gegebenheiten berücksichtigen (z.B. Intervall-Scheibenwischer), analysiert.

4.2. Untersuchte Piktogramme und Vorgehensweise

Den Versuchspersonen werden 14 Piktogramme, 12 entsprechend DIN und 2 Sonderzeichen von MAN, vorgelegt (siehe Abb. 4.1).

Die Instruktion lautet:

	Bedeutung	DIN-Nr.	Sonderzeichen
	Warnblinkanlage	14	
	Intervall-Scheibenwischer	35	
	Heizung und Belüftung der Heckscheibe	37	
	Trockenluftfilter	--	MAN
	Flüssigkeitsstand des Scheibenwaschers	36	
	Nebelschlußleuchte	29	
	Aus	100	
	Fernlicht	2	
	Funktionsstörung der Bremsanlage	23	
	Hauptscheinwerfer Wisch-Wasch-Anlage	--	MAN
	Motorkühlmittelstand	73	
	Rückspiegelverstellung	45	
	Kindersicherung	66	
	Bremsbelag Verschleiß	28	

Abb. 4.1: Untersuchte Piktogramme und ihre Bedeutung

"Bitte tragen Sie ein, was das dargestellte Zeichen Ihrer Meinung nach bedeutet, und wie sicher Sie in Ihrer Einschätzung sind (z.B. sehr sicher = 100 %; gar nicht sicher = 0 %)."

4.3. Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus $n = 85$ Personen und setzt sich wie folgt zusammen:

- 43 Bus- oder Lkw-Fahrer, davon 35 mit Führerschein Klasse II, 8 mit Führerscheinklasse III (Fahrer kleinerer Lkw, Fuhrparkleiter, Werkstättenpersonal).
- 30 Pkw-Fahrer mit Führerschein Klasse III
- 12 Experten des Arbeitskreises "Der Mensch als Fahrzeugführer", die sich beruflich mit Kraftfahrzeugen befassen.

4.4. Ergebnisse der Befragung

Die Antworten der Versuchspersonen werden als "richtig", "teilweise richtig" oder als "falsch" eingestuft.

Als "richtig" gilt eine Antwort, wenn sie der Definition gemäß DIN oder, bei den beiden Sonderzeichen, der MAN-Definition entspricht (siehe Abbildung 4.1).

Als "teilweise richtig" werden Antworten eingestuft, die zwar den Bereich treffen, nicht aber im Detail korrekt sind, z.B. "Scheibenwischer" statt "Intervall-Scheibenwischer", "Scheibenwaschanlage" statt "Flüssigkeitsstand des Scheibenwaschers", "Nebelscheinwerfer" statt "Nebelschlußleuchte".

Antworten, die nichts mit der Sache zu tun haben, z.B. "Blinker" statt "Rückspiegelverstellung", oder fehlende Antworten werden als "falsch" klassifiziert.

Einen Überblick über die Häufigkeit richtiger, teilweise richtiger und falscher Antworten bietet Abbildung 4.2., mit welcher Sicherheit diese Antworten jeweils gegeben werden, veranschaulichen die Abbildungen 4.3. bis 4.16.

Die höchste Quote mit 84 % richtigen Antworten ist beim Symbol für die Warnblinkanlage zu verzeichnen - dies ist, was die höchste Quote betrifft, positiv, was den Prozentsatz von 84 betrifft, etwas enttäuschend, zumal sich nur 88 Prozent der Befragten in ihrer Antwort sicher sind und das Symbol in einer Gefahrensituation von allen Kraftfahrern schnell und sicher erkannt werden sollte (Abb. 4.2. und 4.3). Immerhin weist dieses Zeichen die meisten richtigen Antworten auf - das Dreieck wird meist mit "Gefahr", "Achtung" assoziiert. Seine äußere Gestalt folgt den Gesetzen der Prägnanz: es ist regelmäßig, symmetrisch, einfach, knapp (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 3.12., S.38 ff).

Die Funktionsstörung der Bremsanlage wird noch von 67 % der Befragten richtig erkannt, wobei sich 83 % in ihrem Urteil sicher sind.

Die anderen Piktogramme liegen im Anteil richtiger Antworten unter 50 Prozent (siehe Abb. 4.2).

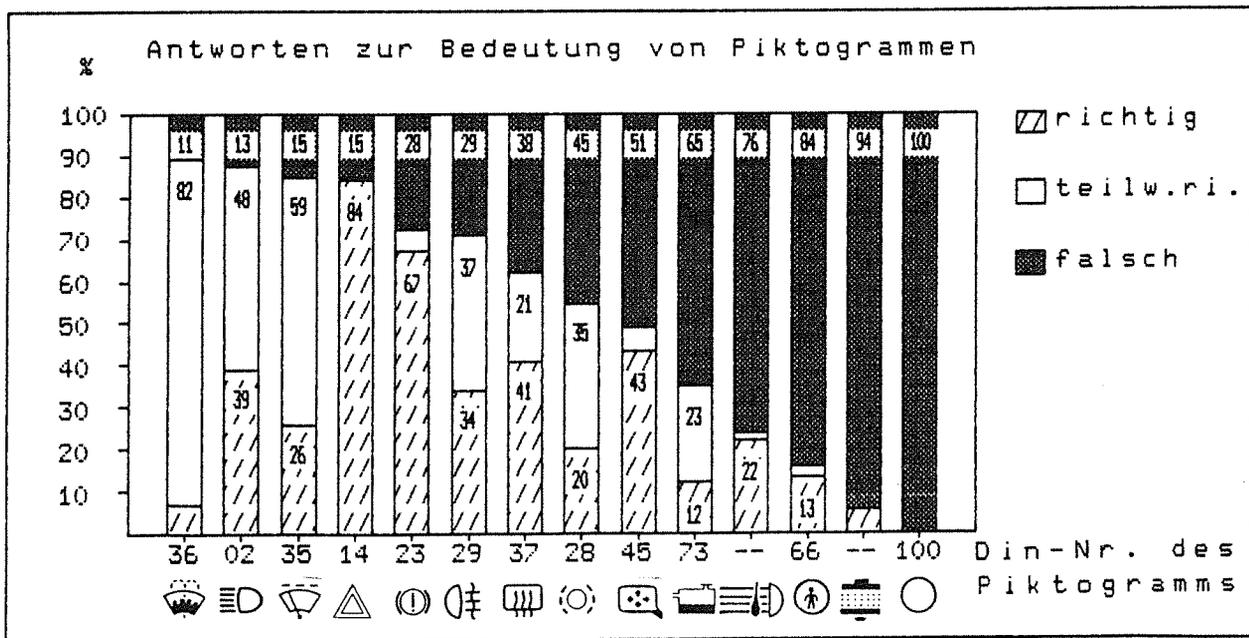
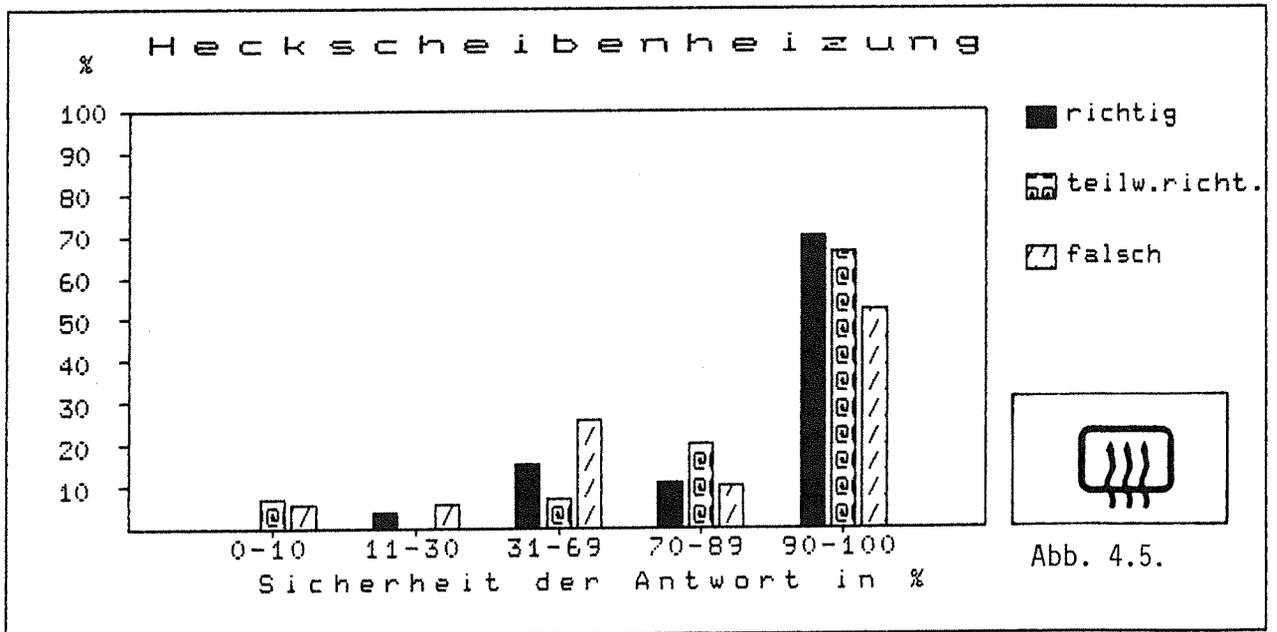
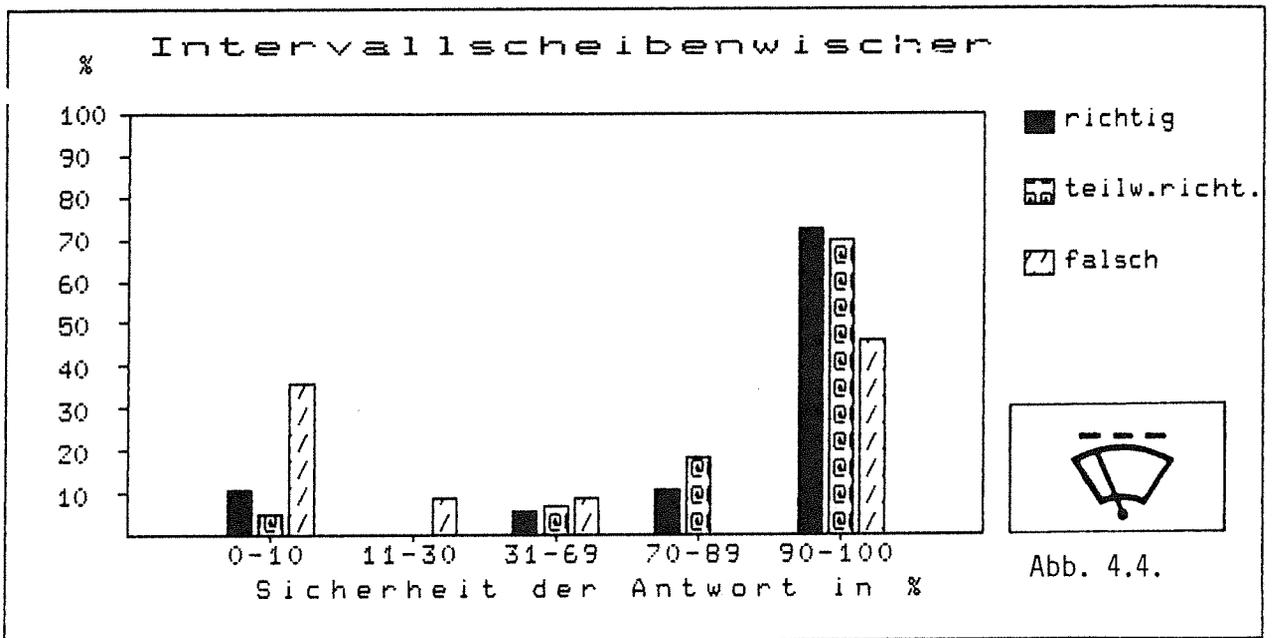
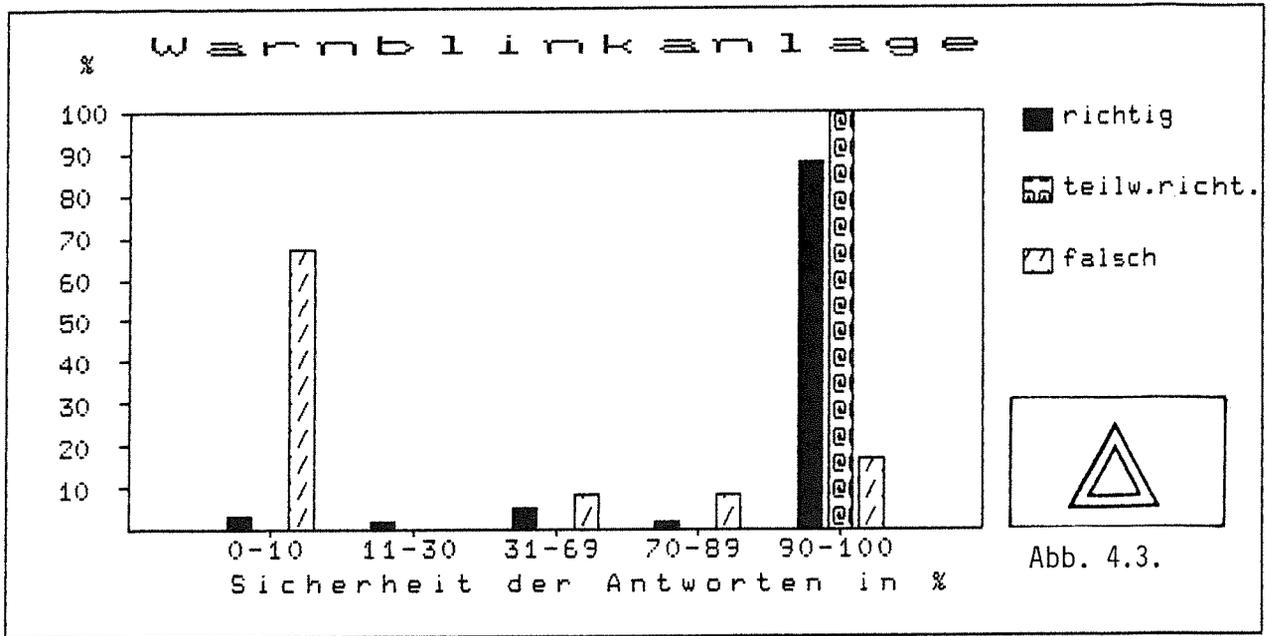
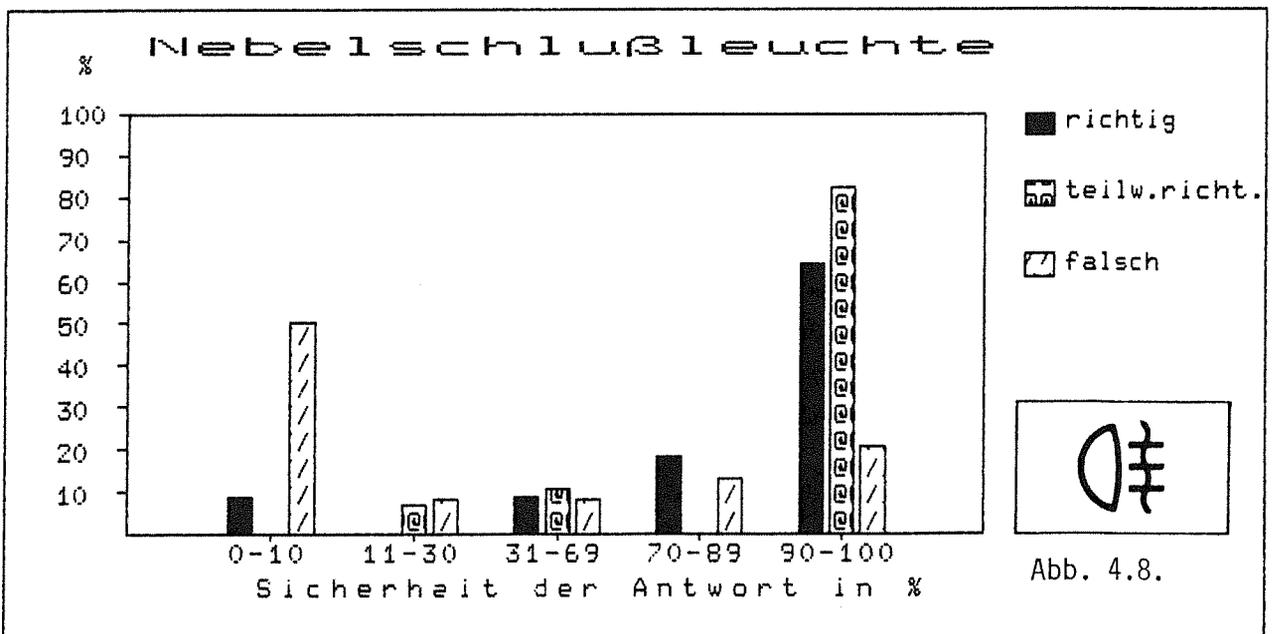
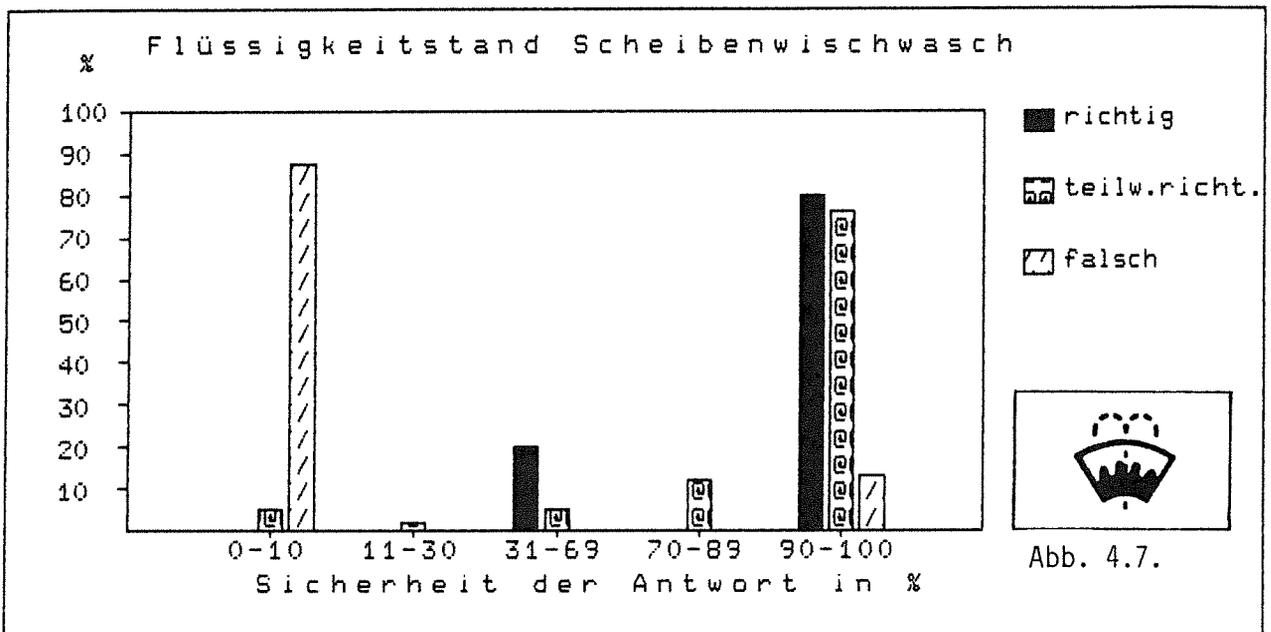
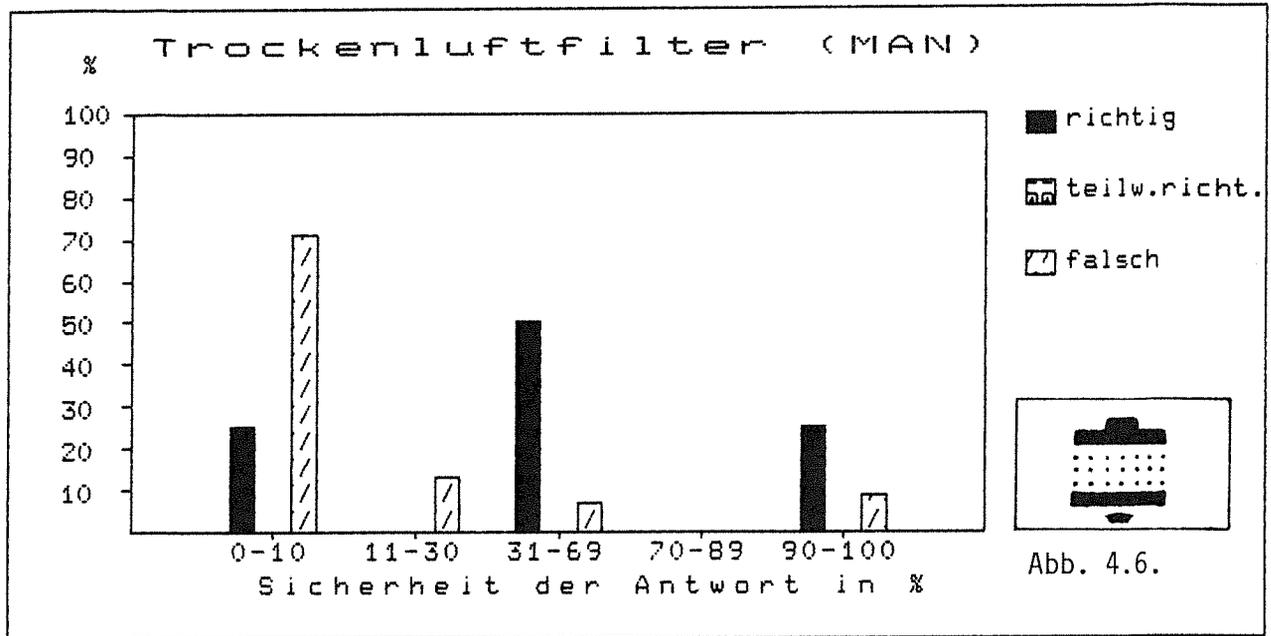
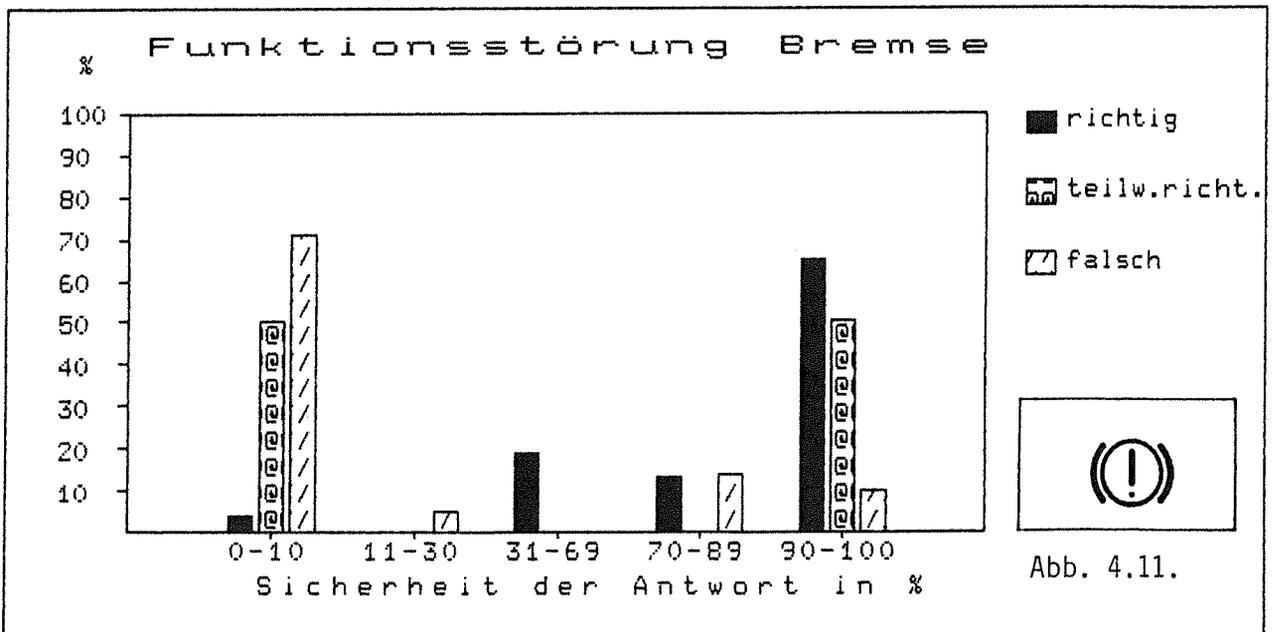
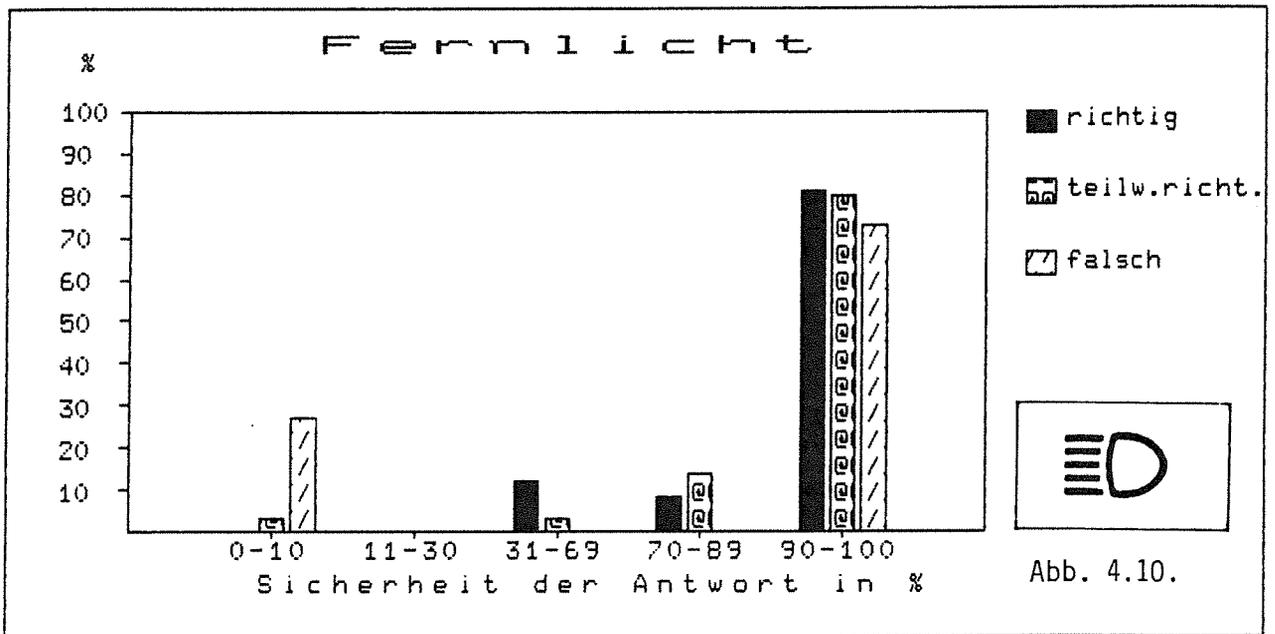
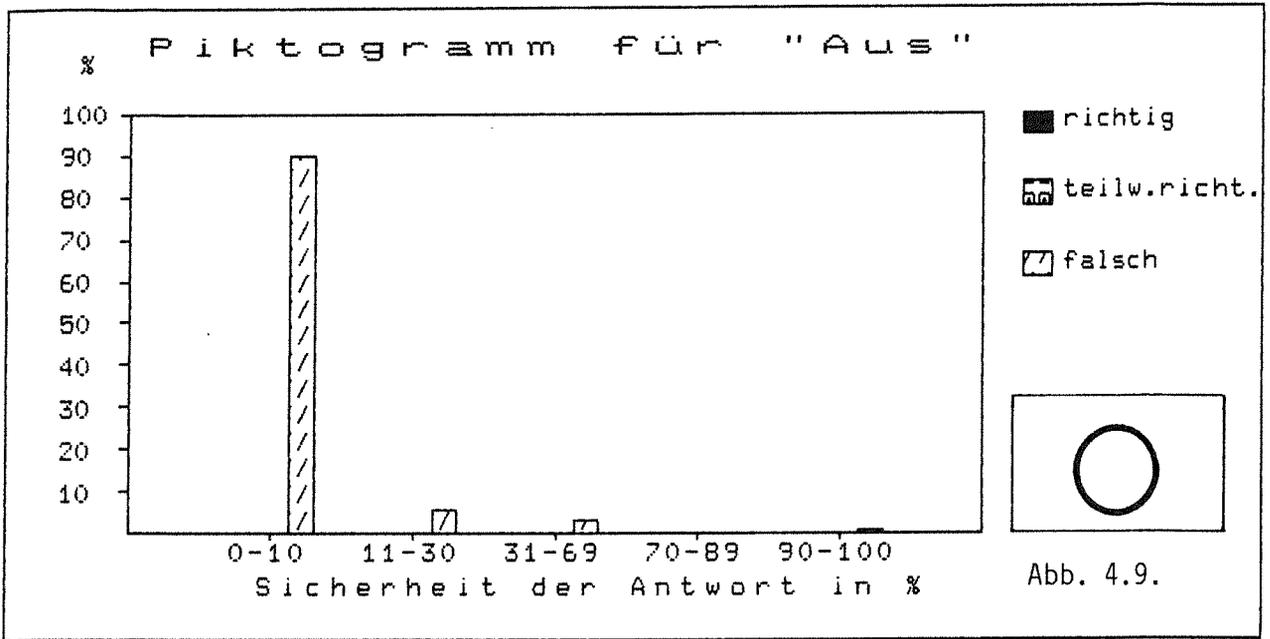
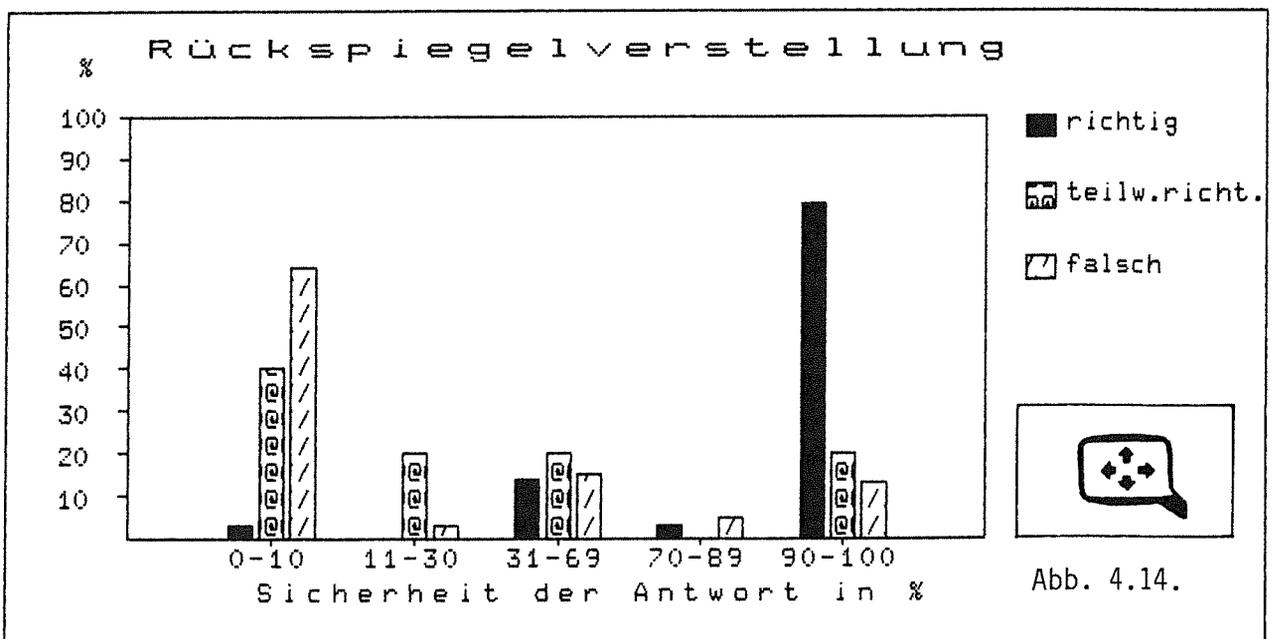
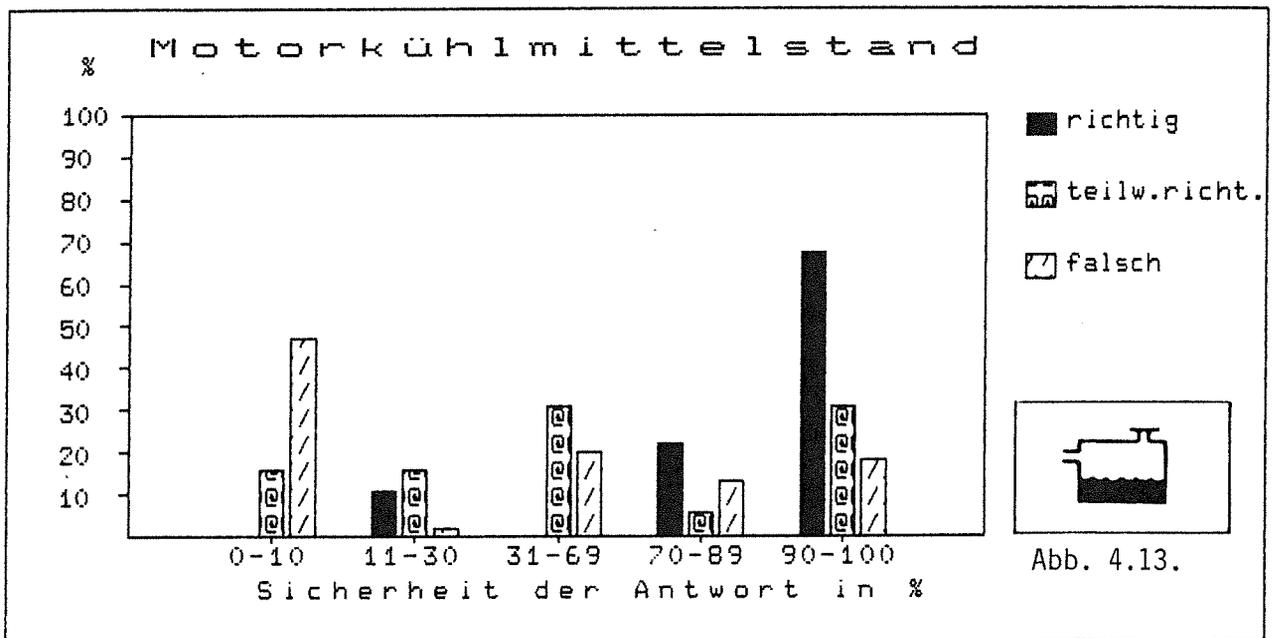
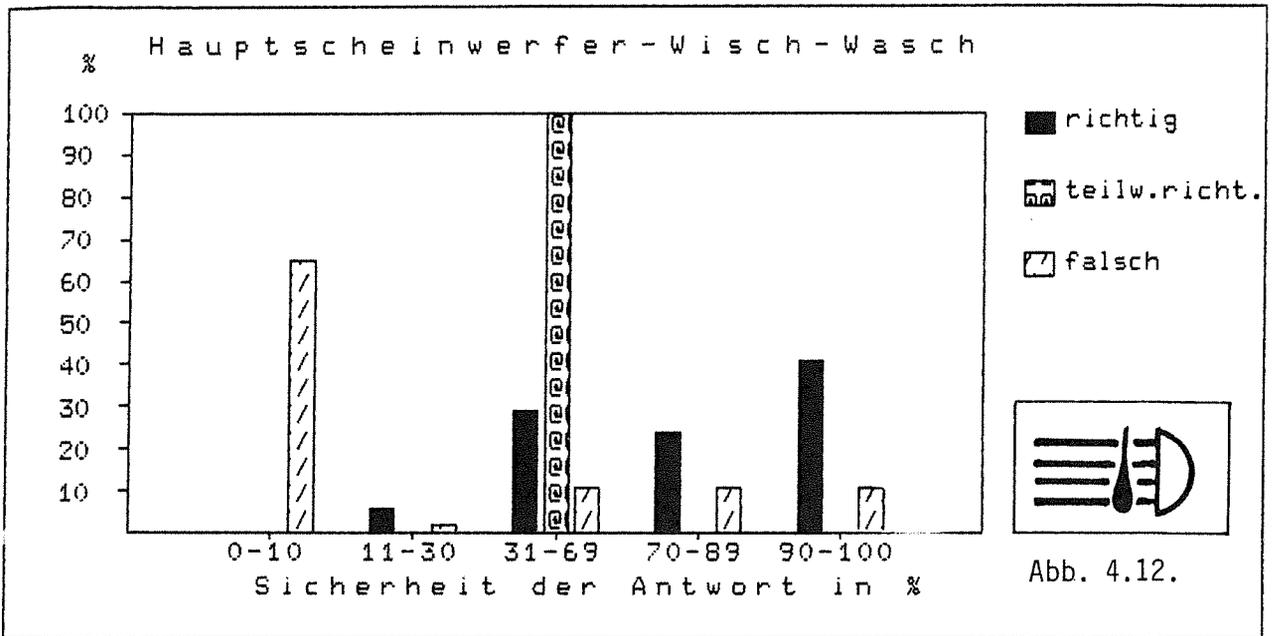


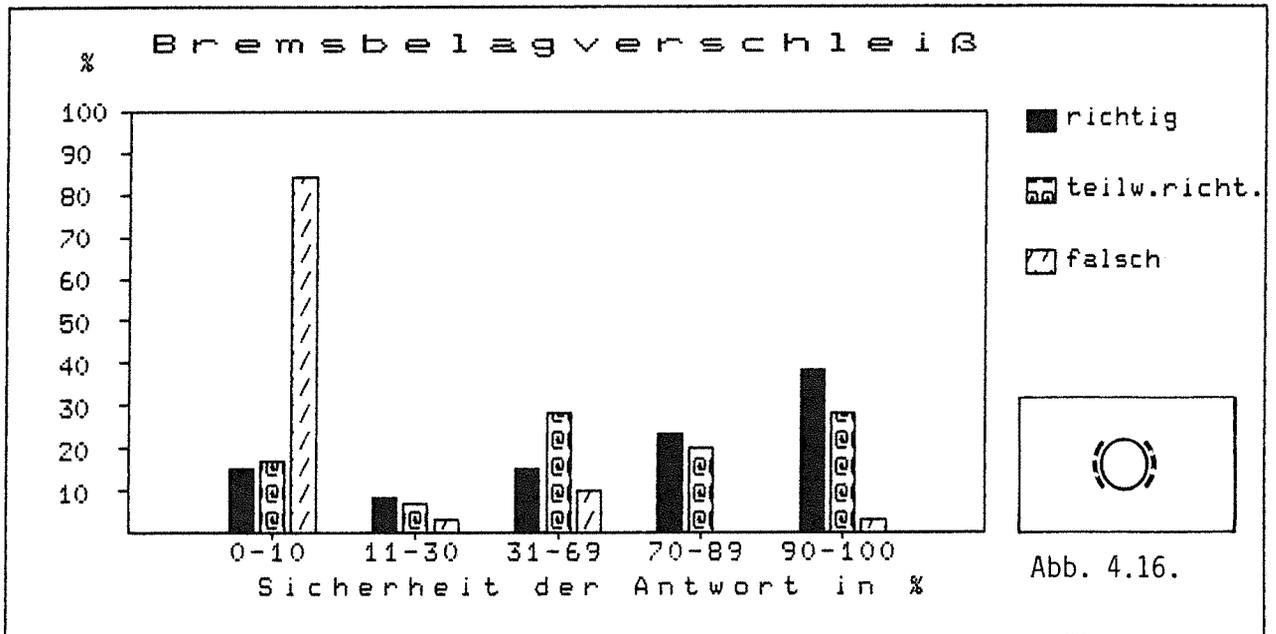
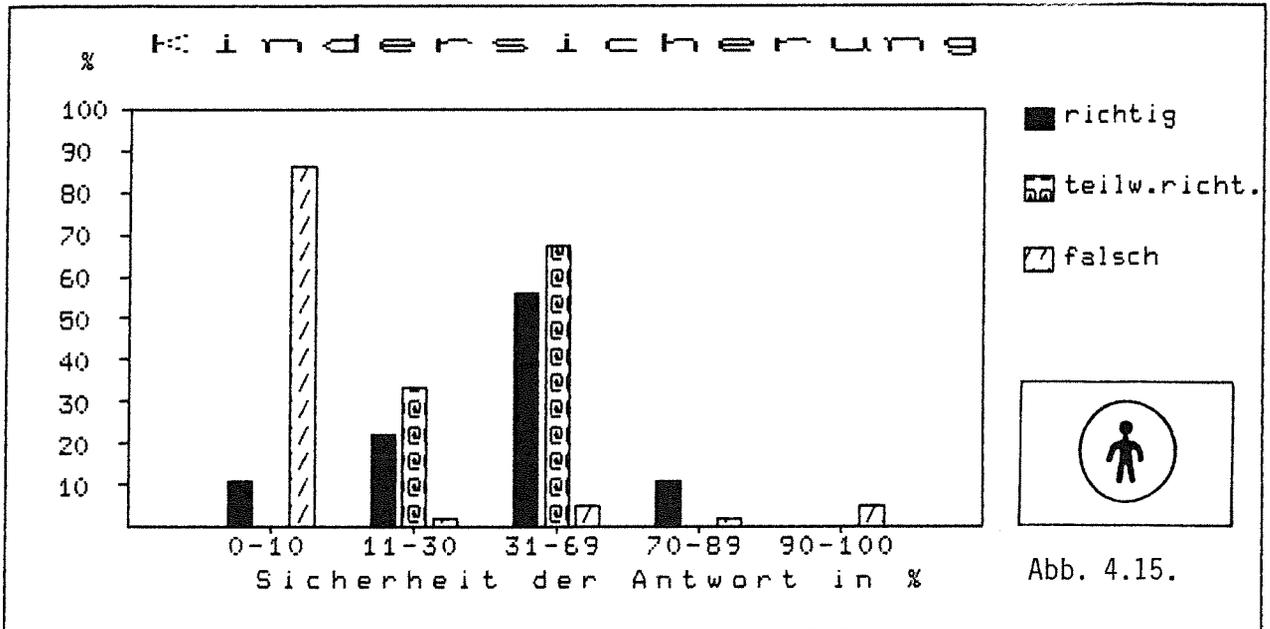
Abb. 4.2: Überblick über die Häufigkeit richtiger, teilweise richtiger und falscher Antworten











Werden die vollkommen richtigen und die teilweise richtigen Antworten zusammengefaßt, so gibt es vier Piktogramme, bei denen ein Großteil der Befragten zumindest den Bereich trifft, den das Symbol beschreibt. Es sind die Symbole

- Flüssigkeitsstand des Scheibenwaschers (7 + 82 = 89 %)
- Fernlicht (39 + 48 = 87 %)
- Intervall-Scheibenwischer (26 + 59 = 85 %)
- Warnblinkanlage (84 + 1 = 85 %).

Zwischen 80 und 90 Prozent der Befragten sind sich bei den richtigen Antworten ihrer Meinung sicher, Personen, die nur teilweise richtig antworteten, sogar zu 88 bis 100 % (Abb. 4.7, 4.10, 4.4, 4.3).

Die vier Symbole sprechen eine einfache "Bildsprache", beispielsweise ist beim Intervall-Scheibenwischer der auf der Scheibe plazierte Wischer gut erkennbar. Dies ist sicherlich die Ursache für ihr vergleichsweise günstiges Abscheiden.

Für fünf Piktogramme sind es nur noch die Hälfte bis zwei Drittel der Befragten, die richtig antworten oder den Bereich, dem das Piktogramm angehört, nennen:

- Funktionsstörung der Bremsanlage (67 + 5 = 72 %)
- Nebelschlußbleuchte (34 + 37 = 71 %)
- Heizung und Belüftung der Heckscheibe (41 + 21 = 62 %)
- Bremsbelag Verschleiß (20 + 35 = 55 %)
- Rückspiegelverstellung (43 + 6 = 49 %).

Zwischen 61 und 82 Prozent der Befragten, die richtig antworten, sind sich ihrer Meinung sicher. Personen, die nur den Bereich treffen, sind sich ihrer Sache oft noch wesentlich weniger sicher (Abb. 4.11, 4.8, 4.5, 4.16, 4.14).

Die hier aufgeführten Symbole zeigen eher unanschauliche, schwierige "Bildgeschichten". So ist etwa die Nebelschlußbleuchte als flaches, linsenförmiges Gebilde dargestellt, d.h. nicht unmittelbar als Scheinwerfer erkennbar. Auch die geschlängelte Linie als "Nebel" zu identifizieren erfordert einiges an Phantasie. Beim Symbol "Verschleiß des Bremsbelags" muß erst einmal der Kreis als Rad erkannt werden (klarer wäre hier sicherlich ein Rad mit Speichen), dann die gestrichelte Linie als defekter

Bremsbelag. Bei der Rückspiegelverstellung kann zwar die Form des Rückspiegels einigermaßen erkannt werden - obwohl die Verwechslungsgefahr zur Form des Heckscheiben-Symbols groß ist - doch sind die Pfeile schwierig zu interpretieren. Möglicherweise wäre ein einfaches Bild (nur Rückspiegel) einfacher zu verstehen, als das komplexe (mit Pfeilen).

Auf den Gedanken, der Kreis (DIN Nr. 100) könne "aus" bedeuten, kommt keine einzige Versuchsperson. Dies ist nicht verwunderlich, da keine assoziative Verknüpfung zwischen "Kreis" und "aus" besteht. Zudem bedeutet der Kreis bei anderen Piktogrammen "Rad", "Reifen" oder "Bremsse". Auch die Kindersicherung schneidet mit 84 % falschen Eintragungen schlecht ab. Das Figürchen im Symbol DIN Nr. 66 ist nicht als Kind zu erkennen: Der Zeichner des Symbols ließ unbeachtet, daß der Kopf von Kindern, im Vergleich zum Körper, überproportional groß ist. Allerdings könnte sich die Antwortqualität bei diesem Piktogramm verbessern, wenn es im entsprechenden Umfeld, also am Türschloß, dargeboten würde.

Die beiden Sonderzeichen von MAN für den Trockenluftfilter und die Wisch-Wasch-Anlage des Hauptscheinwerfers liegen mit 94 bzw. 76 % Falsch-Antworten ebenfalls auf der negativen Seite.

Das Symbol für den Motorkühlmittelstand wird von 65 % der Befragten falsch verstanden.

Diese drei Symbole mögen zwar für einen technisch Versierten anschaulich sein, für den Laien stellt das Symbol für den Trockenluftfilter eher die Trommel einer Waschmaschine dar, das Symbol für Motorkühlmittelstand läßt an ein Tintenfaß denken und bei der Wisch-Wasch-Anlage des Hauptscheinwerfers reichen die Assoziationen von "öl", bis "Hupe" und "?".

Ein Vergleich der Teilstichproben ergibt keine eindeutige Tendenz: bei einem Symbol scheiden die Lkw-Fahrer besser ab, beim anderen die Pkw-Fahrer, bzw. die "Experten". Dies überrascht bis zu einem gewissen Grade, da den Berufskraftfahrern und Experten zunächst eine höhere Kompetenz als durchschnittlichen Autofahrern unterstellt wurde.

4.5. Resümee

Insgesamt ist die Bilanz, die aus unserer Umfrage gezogen werden muß, eher negativ. Die Ergebnisse sind, aufgrund der unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden nicht direkt mit denen, die Elizabeth HEARD 1974 vorlegte, vergleichbar - festzustellen ist jedoch, daß sich die Verständlichkeit der Piktogramme trotz ihres stärkeren Verwendungsgrades bis heute nicht verbessert hat.

Den Herstellern ist daher dringend anzuraten, Piktogramme nur dann zu verwenden, wenn sie den gewünschten Sachverhalt **klar** und **deutlich** beschreiben. Auf komplizierte "Bildgeschichten" sollte verzichtet werden. Ein "Wortschatz" von 107 Symbolen, wie im DIN-Entwurf vorgesehen, ist zu umfangreich, es wäre besser, sich auf einige wenige Bildzeichen zu beschränken. Mit anderen Worten: Piktogramme sind sinnvoll einsetzbar, wenn es genügt, auf den Bereich hinzuweisen wie z.B. Licht, Öl etc. Da das Wissen der meisten Fahrer über technische Belange ihres Fahrzeugs (Öltemperatur, Öldruck, Bremsbeläge, etc.) sehr gering ist, sind Piktogramme für diesen Bereich a priori von geringem Nutzen. Wesentlich besser geeignet ist hier die Sprachausgabe, die dem Fahrer auch gleich Handlungshilfen anbieten kann (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1984).

5. Untersuchung zur subjektiven Wertigkeit von Anzeige- und Bedienelementen

5.1. Zielsetzung

Etwas provokativ formuliert lautet der Grundgedanke dieser Untersuchung: "Ein Anzeige- oder Bedienelement, das vom Benutzer als überflüssig empfunden wird, ist überflüssig."

Selbstverständlich vereinfacht dieses Statement stark, es bedarf der Einschränkung und Erläuterung: Es ist in seiner Gültigkeit eingeschränkt, sobald der Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit, der vom einzelnen Autofahrer nicht immer entsprechend gewürdigt wird, tangiert ist. Personen, die beispielsweise den Sicherheitsgurt ablehnten, ihn für überflüssig befanden, legten ihn auch nicht an. Sie mußten, unter Androhung von Bußgeld, zu ihrer eigenen Sicherheit "gezwungen" werden.

Andererseits kann selbst ein Fahrzeughersteller, der die Verkehrssicherheit als wichtigstes Kriterium ansetzt, kaum an den Wünschen und Bedürfnissen zukünftiger Benutzer vorbeigehen.

Diese Untersuchung soll in Erfahrung bringen, welche Anzeige- und Bedienelemente der Benutzer aus seiner subjektiven Sicht generell als wichtig erachtet und welche persönliche "Wunschliste" er für Ergänzungen seines Fahrzeugs bildet.

Aus der Gedächtnisforschung ist bekannt, daß subjektiv wichtige Sachverhalte vorrangig erinnert und bei der Methode des "free recall" zuerst genannt werden. Zur Bestimmung der subjektiven Wichtigkeit werden daher Personen aufgefordert, spontan zu nennen, welche Anzeige- und Bedienelemente ihr Fahrzeug enthält. Im Gegensatz zu einer direkten Befragung mit dem Thema: "Nennen Sie die Elemente ihres Fahrzeugs nach ihrer Wichtigkeit" hat dieses Verfahren den entscheidenden Vorteil, nicht durch sozial erwünschte Äußerungen verfälscht zu sein.

5.2. Vorgehensweise

Die Erhebung wird in Form einer Befragung vorgenommen. Die Instruktion für die Versuchsperson lautet:

"Stellen Sie sich bitte Ihr Auto (Ihren Lkw) vor. Welche Tasten, Schalter, Hebel, Anzeigen und Geräte sind in Ihrem Fahrzeug eingebaut? Sagen Sie bitte alles, was Ihnen einfällt!"

Selbstverständlich kann die befragte Person ihr Fahrzeug während des Interviews nicht sehen.

Die Nennungen der Versuchsperson werden auf Tonband aufgezeichnet und später in einen Protokollbogen übertragen. Der Zeitbedarf für die Nennungen wird notiert.

Als zweiten Schritt stellt der Versuchsleiter fest, welchen Fahrzeugtyp die befragte Person fährt, mit welcher Sonderausstattung das Fahrzeug versehen ist, und welche Ausstattungsvarianten der Proband gerne hätte, wenn es nicht auf den Preis ankäme. Neben Alter und Geschlecht des Befragten werden auch Führerscheinklasse, Jahr der Führerscheinprüfung und Fahrpraxis protokolliert.

5.3. Stichprobe

Die Stichprobe umfaßt $n = 102$ Personen verschiedenen Alters und Geschlechts.

- 40 von ihnen sind Lkw-Fahrer (Führerscheinklasse II).
- 62 Befragte sind Pkw-Fahrer (Führerscheinklasse III).

Die genauen Stichprobencharakteristika zeigt Tabelle 5.1:

		Pkw-Fahrer	Lkw-Fahrer
Anzahl der Versuchspersonen		62	40
Alter	Mittelwert	33,2	39,1 Jahre
	Bereich von	18 - 70	21 - 60 Jahre
Fahrpraxis	Mittelwert	11,9	16 Jahre
	Bereich von	01 - 43	02 - 43 Jahre
Fahrerfahrung	< 10.000 km	07	-- Pers.
	10.-20.000 km	06	-- Pers.
	20.-30.000 km	07	-- Pers.
	> 30.000 km	42	40 Pers.
Geschlecht	weiblich	33	-- Pers.
	männlich	29	40 Pers.

Tab. 4.1: Stichprobencharakteristika

5.4. Abhängige Variablen

Als abhängige Variablen werden erhoben:

- Zeitbedarf der Befragten für die Nennungen
- von den Befragten genannte Anzeige- und Bedienelemente und deren Reihenfolge
- im Fahrzeug vorhandene Anzeige- und Bedienelemente
- Wünsche der Befragten nach Zusatzausstattung

5.5. Ergebnisse

5.5.1. Zeitbedarf

Die Zeit, die während der Aufzählung der Probanden verstreicht, ist individuell sehr verschieden: sie reicht bei den Pkw-Fahrern von einer halben Minute bis zu 12 Minuten (Mittelwert 2,03 Minuten, Standardabweichung 2,34), bei den Lkw-Fahrern von 15 Sekunden bis zu 9 Minuten (Mittelwert 78 Sekunden, Standardabweichung 0,84). Natürlich steht der Zeitbedarf in engem Zusammenhang mit der Menge der genannten Elemente.

5.5.2. Anzahl der Nennungen von Anzeige- und Bedienelementen

Befragt, welche Elemente ihr Fahrzeug enthält, nennen einige Probanden nahezu alle im Fahrzeug vorhandenen Elemente - die Spitzenleistung liegt bei 47 Nennungen - andere führen nur wenige Elemente auf (Minimum: 3 Nennungen).

Abbildung 5.1. zeigt die Häufigkeiten der Nennungen, die sich bei den Pkw-Fahrern als zweigipflige Verteilung ($\bar{x} = 16,4$ Nennungen, $s = 10,4$), bei den Lkw-Fahrern als eingipflige Verteilung ($\bar{x} = 11,3$ Nennungen, $s = 3,9$) darstellen.

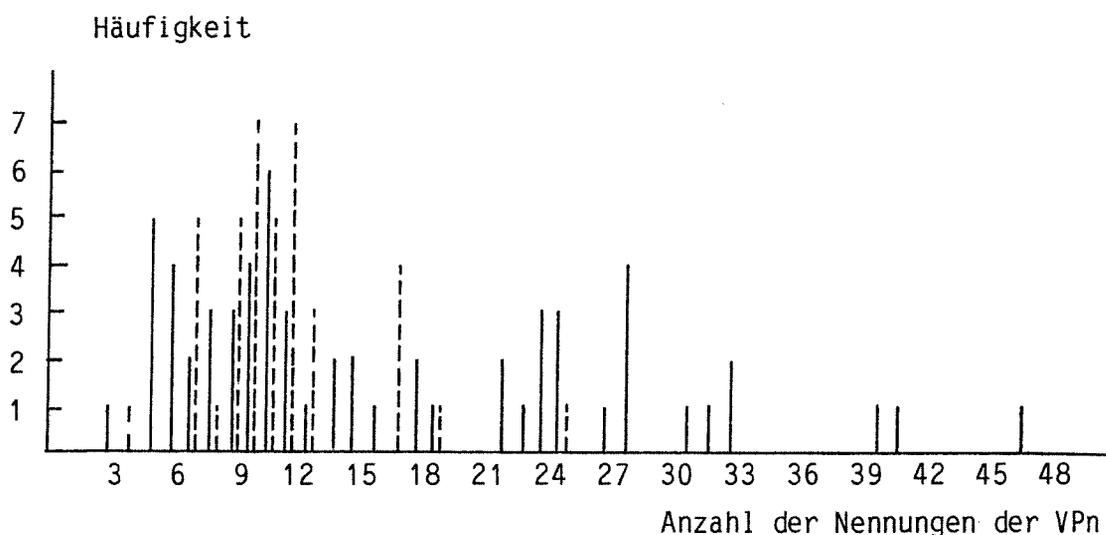


Abb. 5.1: Anzahl der Nennungen von Anzeige- und Bedienelementen in der gesamten Stichprobe:
— = Pkw - - - = Lkw

5.5.3. Reihenfolge der genannten Anzeige- und Bedienelemente

Da die Auflistung der vorkommenden Nennungshäufigkeiten für alle Anzeige- und Bedienelemente zu umfangreich und zu unübersichtlich wäre und zudem zu wenig Erkenntnisgewinn verspricht, beschränkt sich die folgende Liste (Tabelle 5.2. für Pkw-Fahrer, Tabelle 5.3. für Lkw-Fahrer) auf diejenigen Elemente, die in mindestens 10 Fahrzeugen tatsächlich vorhanden waren und von einem Drittel der Interviewten genannt werden.

Die Zusammenfassung der Nennungen zu Klassen (z.B. 1-3, 4-6, 7-9, in den Tabellen 5.2. und 5.3. kurz mit -3, -6, -9, etc. bezeichnet) hat zwei Gründe. Zum einen erhöht sie bei der Anzahl von maximal 47 Nennungen die Übersichtlichkeit. Zum anderen erscheint eine allzu feine Differenzierung nicht sinnvoll. Da Elemente nur seriell ausgesprochen werden können, selbst wenn sie der Person gleichzeitig in den Sinn kommen, ist eine Unterscheidung etwa zwischen erster und zweiter Stelle zu sophistisch. Da die Nennungen zu Beginn des "free recall" sehr viel häufiger und interessanter sind, wird zwischen Position eins und neun feiner, d.h. in Dreierschritten differenziert. Dies ermöglicht Aussagen, wie: die drei erstgenannten und damit möglicherweise wichtigsten Elemente sind ... (es folgen die entsprechenden Anzeige- und Bedienelemente). Wegen der meist stark abnehmenden Häufigkeit wird ab der zehnten Nennung nur noch in Sechser-schritten zusammengefaßt.

Die Spalte "%" in den Tabellen 5.2. und 5.3. ist besonders hervorgehoben. Hier wird die Vorkommenshäufigkeit eines Elements (z.B. hatten alle Fahrzeuge Abblendlicht, n = 62) in Bezug gesetzt zu der Häufigkeit der Nennung des Elements ("Abblendlicht" wurde 56-mal genannt, das sind 90 Prozent).

Elemente	Pkw	Anz	%	Position der Nennung in Prozent									
				-3	-6	-9	-15	-21	-27	-33	-39	>40	
<u>Bedienelemente</u>													
Abblendlicht	62	56	90	48	23	15	2	3	-	-	-	-	-
Blinker	62	54	87	47	23	5	11	2	-	-	-	-	-
Fernlicht	62	52	84	37	16	19	5	6	-	-	-	-	-
Radio	55	37	67	5	15	15	13	15	4	2	-	-	-
Warnblink	62	37	60	18	21	11	3	3	3	-	-	-	-
Gaspedal	62	36	58	16	10	8	6	8	6	2	2	-	-
Scheibenwischer	62	34	55	21	13	8	6	3	-	-	2	2	-
Standlicht	62	34	55	27	15	10	2	2	-	-	-	-	-
Heizung	62	31	50	3	8	11	10	13	3	2	-	2	-
Bremspedal	62	31	50	6	10	8	5	8	8	5	-	-	-
Kupplung	55	27	49	2	7	7	11	11	5	5	-	-	-
Heckscheibenh.	60	29	48	-	25	7	5	5	5	-	-	2	-
Schalt-/Wahlheb.	62	29	47	18	6	6	6	6	2	-	2	-	-
Handbremse	62	28	45	8	2	3	13	13	5	2	-	-	-
Hupe	62	28	45	10	8	8	11	2	2	2	-	-	-
Heckscheibenwi.	25	10	40	8	16	4	8	-	-	-	4	-	-
Schiebedach	13	5	38	-	-	-	8	8	-	15	8	-	-
Lüftung	62	23	37	3	5	8	8	8	2	3	-	-	-
Nebelschlußl.	20	7	35	-	10	15	10	-	-	-	-	-	-
Scheibenwasch.	62	21	34	10	10	2	3	3	5	-	2	-	-
<u>Anzeigeelemente</u>													
Tachometer	62	34	55	19	8	13	13	-	2	-	-	-	-
Uhr	43	19	44	7	7	7	19	2	2	-	-	-	-
Drehzahlmesser	15	6	40	-	13	7	13	-	7	-	-	-	-
Kraftstoffanz.	62	23	37	5	6	6	15	2	3	-	-	-	-
Öldruckanz.	57	21	37	4	5	7	12	5	4	-	-	-	-

Tab. 5.2: Häufigkeit des Vorkommens von Bedien- und Anzeigeelementen bei den untersuchten Pkw

Anz: Häufigkeit der Nennung des Elements
 % : prozentuale Häufigkeit der Nennung
 Pos: prozentuale Häufigkeit der Nennung unter Berücksichtigung der Reihenfolge der Nennung
 (z.B. die Zahl "48" in der Spalte "-3" bedeutet: das Element wurde von 48 % der Befragten an erster, zweiter oder dritter Stelle genannt).
 Der Modalwert ist dick ausgedruckt.

Elemente	Lkw	Anz	%	Position der Nennung in %					
				-3	-6	-9	-15	-21	
<u>Bedienelemente</u>									
Blinker	40	25	63	18	10	28	5	3	
Schalthebel	40	24	60	18	15	15	10	3	
Fernlicht	40	18	45	8	10	23	5	-	
Abblendlicht	40	18	45	5	10	25	5	-	
Handbremse	40	16	40	8	3	15	10	5	
Standlicht	40	16	40	5	10	20	5	-	
Nebelscheinw.	25	9	36	-	12	16	8	-	
Heizung	40	14	35	-	8	10	15	3	
<u>Anzeigeelemente</u>									
Tachometer	40	34	85	58	23	5	-	-	
Drehzahlmesser	38	26	68	37	24	8	-	-	
Öldruckanz.	38	25	66	21	32	11	3	-	
Kühltemperatur	39	16	41	13	21	5	3	-	
Kraftstoffanz.	40	12	30	15	15	-	-	-	

Tab. 5.3: Häufigkeit des Vorkommens von Bedien- und Anzeigeelementen bei den untersuchten Lkw
 Zeichenerklärung siehe Tab. 5.2.

In den Abbildungen 5.2. (Pkw-Fahrer) und 5.3. (Lkw-Fahrer) ist jeweils der Modalwert, d.h. der am häufigsten vorkommende Meßwert eines Bedien- bzw. Anzeigeelements aufgetragen:

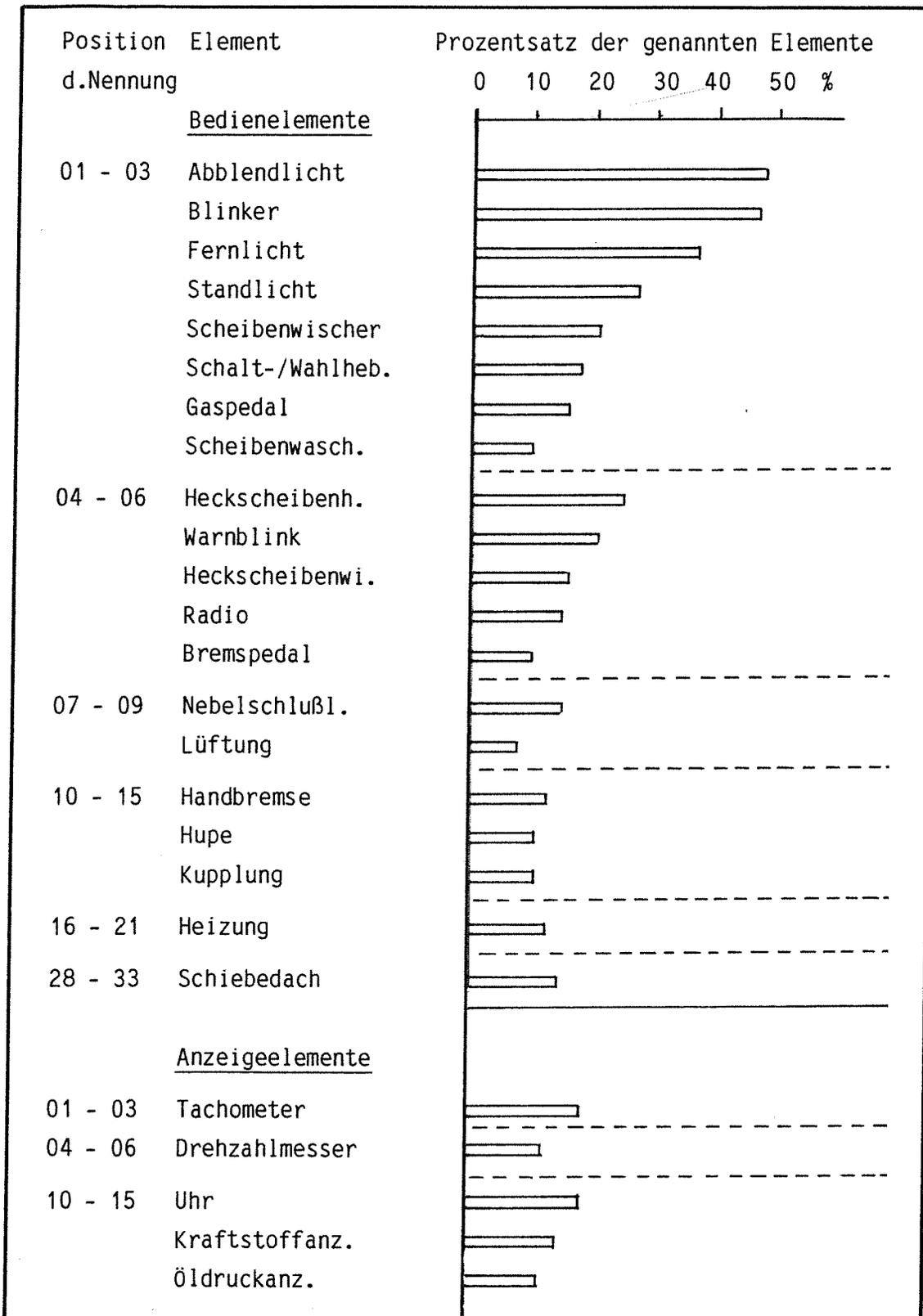


Abb. 5.2: Befragung von Pkw-Fahrern (n=62).
 Darstellung der Modalwerte von Anzeige- und Bedienelementen (Prozentsatz der häufigsten Nennung), geordnet nach der Position der Nennung (01-03 = Nennung an erster bis 3. Stelle, usw.).

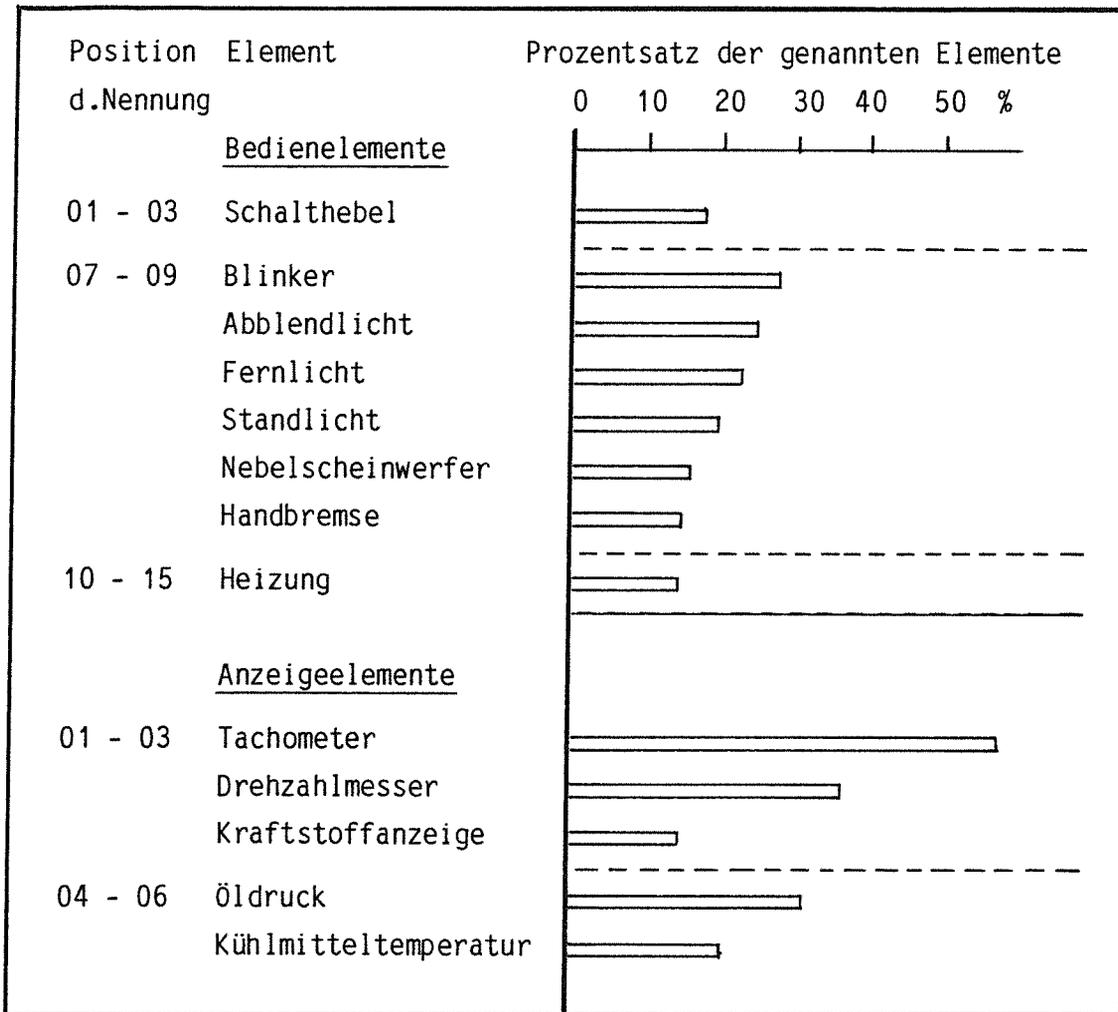


Abb. 5.3: Befragung von Lkw-Fahrern (n=40).
Darstellung der Modalwerte von Anzeige- und Bedienelementen (Prozentsatz der häufigsten Nennung), geordnet nach der Position der Nennung (01-03 = Nennung an erster bis 3. Stelle, usw.).

Wie aus Abbildung 5.2. hervorgeht, sind die am häufigsten von Pkw-Fahrern an erster Stelle genannten Bedienelemente für Abblendlicht, Blinker, Fernlicht, Standlicht, Scheibenwischer, Schaltung, Gas, Scheibenwaschanlage und das Anzeigeelement Tachometer.

Die Bedienelemente für die Warnblinkanlage, das Radio, das Bremspedal und das Anzeigeelement Drehzahlmesser werden besonders häufig an vierter bis sechster Stelle genannt.

Interessant ist vor allem die Position der Elemente, die nicht zur Standardausstattung, insbesondere bei kleineren Fahrzeugen, gehören (beispielsweise der Drehzahlmesser). Sie werden von einem relativ großen Anteil der Befragten an vorderer Position genannt, besitzen also eine relativ hohe subjektive Wichtigkeit.

Das Schiebedach fällt mit seinem Modalwert in der Position 28 - 33 aus der Reihe. Bei spontanen Äußerungen wird es als eher unwichtig erachtet, während es auf der Wunschliste für Sonderausstattungen an erster Stelle rangiert.

Ein Vergleich der Abbildungen 5.2. (Pkw-Fahrer) und 5.3. (Lkw-Fahrer) zeigt einen deutlichen Unterschied: Bei den Lkw-Fahrern rangieren die Anzeigenelemente an vorderster Stelle, während sie von den Pkw-Fahrern als eher zweitrangig angesehen werden. Erste Priorität besitzen Tachometer, Drehzahlmesser und Kraftstoffanzeige, an Position 4 bis 6 gefolgt von den Anzeigen für Öldruck und Kühlmitteltemperatur.

Das Auseinanderklaffen der beiden Fahrergruppen zeigt deutlich, daß Anzeigen im Lkw-Bereich einen wesentlich höheren Stellenwert einnehmen - und von der technischen Auslegung der Fahrzeuge auch einnehmen müssen. So dürfte der normale Pkw-Fahrer - obwohl er vielleicht einen Drehzahlmesser besitzt oder sich wünscht - nicht wissen, bei welcher Drehzahl der Motor seines Fahrzeugs das maximale Drehmoment entwickelt. Die Auslegung und Elastizität der Motoren in modernen Pkw macht dies auch nicht unbedingt erforderlich. Hingegen spielt im Lkw-Bereich die Kombination von Gangwahl, Drehzahl und Geschwindigkeit eine weit größere Rolle.

Von den Bedienelementen liegt der Schalthebel an erster Stelle. Die Bedienelemente für Licht und Handbremse werden von den meisten Personen erst an 7. bis 9. Position aufgeführt.

5.5.4. Wünsche der Befragten

Am Ende des Interviews wird erhoben, welche Ausstattungsvarianten der Befragte gerne hätte, gesetzt den Fall, der Preis spiele keine Rolle. 73 Prozent der Befragten Pkw-Fahrer äußerten zum Teil mehrere Wünsche, die in Tabelle 5.4. zusammengestellt sind.

Das Spektrum der Wünsche ist weit gefächert: Einige junge Leute legen Wert auf die sog. "Sportausführung", andere wünschen sich mehr Komfort (Scheibenwischer, Heizung, usw.), oder mehr Sicherheit (ABS, Airbag, usw.). Nahezu ein Drittel der Befragten wünscht sich ein Schiebedach, etwa ein Viertel hält ein (besseres) Radio für erstrebenswert. Die Diskrepanz zwischen der Nennung des Schiebedachs in Position 28 - 33 und dem weitverbreiteten Wunsch, eines zu besitzen, könnte folgendermaßen erklärt werden: Personen, die ein Schiebedach besitzen, nehmen es als selbstverständlich wahr und realisieren die Existenz nur, wenn sie es benötigen. Im Gegensatz dazu ist bei Kraftfahrern, die kein Schiebedach in ihrem Fahrzeug eingebaut haben, dieses Defizit stärker präsent.

Element	Häufigkeit	
	absolut	prozentual
Schiebedach	18	29
besseres Radio/Cassettenrec.	15	24
Scheibenwischer (2 Interv., 6 Heck.)	8	13
ABS	7	11
bessere Sitze	7	11
elektrischer Fensterheber	7	11
Heizung (2 Regulier., 2 Stand., 1 Sitz)	5	8
Drehzahlmesser	5	8
getönte Scheiben	5	8
Klimaanlage	4	6
Nebelscheinwerfer, -schlußleuchte	4	6
5-Ganggetriebe	4	6
Spiegel (2 zw.Außen., elektr., von innen)	4	6
Lenkrad, Sportausführung	3	5
breite Reifen	3	5
Uhr	2	3
Airbag	2	3
Katalysator	2	3
Allradantrieb	2	3
Servolenkung	1	2
verstellbare Gurthalterung	1	2
Anzeige für die Handbremse	1	2
Tempostat	1	2
Multifunktionsanzeige	1	2
Handschuhfach	1	2
automatische Antenne	1	2
Zentralverriegelung	1	2
höhere PS-Leistung des Motors	1	2
Armaturenbrett mit Leder	1	2

Tab. 5.4: Wünsche der befragten Pkw-Fahrer (n=62)

Von den Lkw-Fahrern äußerten 80% den Wunsch nach anderer Ausstattung. In Tabelle 5.5. sind die Wünsche nach der Häufigkeit ihrer Nennung geordnet:

Element	Häufigkeit	
	absolut	prozentual
Standheizung (Einbau, Gasheizung)	10	25
Sitze (Federung, Heizung)	8	20
Klimaanlage	7	17
(besseres) Radio	7	17
Funkgerät	4	10
Bremsanlage (Wirbelstr., Telmann, Zusatz)	4	10
Führerhaus (höher, größer)	4	10
ABS	3	8
Betten	3	8
Komfort (allgem., Velour)	3	8
Heizung (besser, Verteilung)	2	5
Gurtbefestigung	1	3
mehr Sicherheit, allgemein	1	3
Kühlwasserstandsanzeige	1	3
Nebelscheinwerfer	1	3
Servolenkung	1	3
größerer Tank	1	3
automatische Schneeketten	1	3
mehr Platz im Fußraum	1	3
elektrische Scheibenheber	1	3
Isolierung gegen extreme Temperaturen	1	3
Kühlschrank	1	3
Ablagen im Führerhaus	1	3
Spoiler	1	3

Tab. 5.5: Ausstattungswünsche der befragten Lkw-Fahrer (n=40), Häufigkeit der Nennung

Die Lkw-Fahrer äußern besonders oft Wünsche, die den "Arbeitsplatz Lastkraftwagen" betreffen. Hier ist es speziell die Klimaregelung, die die Fahrer für verbesserungsbedürftig halten und - wie könnte es bei einem Berufsstand, der nahezu ganztätig sitzt, anders sein - die Sitze. Ein (besseres) Radio wünschen sich die Berufsfahrer nicht so häufig wie die Pkw-Fahrer, dafür sähen aber ein Zehntel ihr Fahrzeug gerne mit einem Funkgerät ausgestattet. Ob dieser Wunsch auf ein (verständliches) Kommunikationsbedürfnis mit anderen Lkw-Fahrern (z.B. Hinweise auf Staus oder Umleitungen in Städten) zurückgeht, oder zur Warnung vor Radarkontrollen dienen soll, ist allerdings offen. Nicht selten sind auch Wünsche, die die Sicherheit betreffen (z.B. bessere Bremsen oder ABS).

5.6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die hier verwendete Methode der spontanen Nennung von Anzeige- und Bedienelementen läßt einige interessante Rückschlüsse auf die Vorstellungen des Fahrers über die Wichtigkeit der einzelnen Elemente und das innere Bild des Fahrers von seinem Fahrzeug zu. Bei der Befragung wurde bewußt ein Vorgehen gewählt, das den Probanden die Menge der zu nennenden Elemente freistellt. Dadurch werden nur die subjektiv Wichtigsten, die natürlich zwischen den Personen stark variieren können, aufgeführt.

Ein Vergleich der Häufigkeit der Nennungen - über alle Elemente hinweg - zeigt einen wesentlichen Unterschied zwischen Pkw- und Lkw-Fahrern. Die Lkw-Fahrer, die durchschnittlich 11 Anzeige- oder Bedienelemente nennen, stellen eine relativ homogene Gruppe dar ($s = 3.9$; vgl. Abb. 5.1). Demgegenüber ist die Gruppe der Pkw-Fahrer heterogen: die zweigipflige Verteilung der Nennungshäufigkeiten hat ihren ersten Schwerpunkt bei ca. 9 Nennungen, den zweiten bei ca. 28 Nennungen.

Zwei Schlußfolgerungen sind hieraus zu ziehen:

1. Die durchschnittliche Menge von Anzeige- und Bedienelementen, die dem Benutzer so wichtig oder präsent ist, daß er sie ohne Hilfen nennen kann, umfaßt 9 bis 11 Elemente.
2. Bei den Pkw-Fahrern gibt es offenbar eine kleinere Gruppe von Personen, die sich intensiver mit ihrem Fahrzeug beschäftigt. Für sie dürfte eine größere Anzahl von Anzeige- und Bedienelementen im Fahrzeug bedeutsam sein.

Für die weitere Auswertung wurden zwei Gesichtspunkte herangezogen:

- zum einen die Häufigkeit der Nennung eines Elements
- zum anderen die Reihenfolge der Nennung.

Interessant ist zunächst einmal der Unterschied zwischen Pkw- und Lkw-Fahrern: Die Lkw-Fahrer nennen wesentlich häufiger Anzeigeelemente (z.B. Tachometer: 85% Nennungen bei Lkw-, 55% Nennungen bei Pkw-Fahrern), während bei den Pkw-Fahrern Bedienelemente vorn rangieren.

Für die Pkw-Fahrer besonders wichtige, an vorderster Position genannte Elemente sind das Licht (Stand-, Abblend-, Fernlicht), der Blinker, der Scheibenwischer und die Scheibenwaschanlage, der Schalthebel und das Gaspedal.

Bedeutsam sind weiterhin das Bremspedal, der Heckscheibenwischer und die Heckscheibenheizung, die Warnblinkanlage und das Radio.

Eine Erklärung für die relativ seltene Erwähnung von Anzeigeelementen bei Pkw-Fahrern mag in der Tatsache liegen, daß die meisten Anzeigen nicht wirklich gebraucht werden (z.B. Drehzahlmesser) bzw. vergleichsweise selten aktiv sind (z.B. Ölkontrolle) und ihre Existenz dem Fahrer deshalb nicht so stark bewußt ist. Eine Ausnahme bildet der Tacho - was keiner Erklärung bedarf. Viele Befragte waren auch bei der Analyse im Fahrzeug, die dem Interview folgte, nicht in der Lage, zu erklären, welche Funktion die eine oder andere Anzeige habe. Häufig war der erstaunte Ausspruch zu hören: "Ich wußte gar nicht, daß mein Auto ein ... hat!".

Bei den Lkw-Fahrern ist die Kombination aus Tachometer, Drehzahlmesser und Gangschaltung - wie aus den Daten abzulesen ist - für die Bedienung besonders wichtig. Das völlig andersartige Verhältnis zwischen Motorisierung und Gewicht beim Lkw, im Vergleich zu modernen Pkw, macht dies verständlich.

Um die Daten nicht über Gebühr zu interpretieren, ist folgende Anmerkung nötig: gewisse Elemente, wie das Zündschloß oder der Sicherheitsgurt, werden nicht sehr häufig, bzw. an hinterer Position genannt. Sie dürften im Verständnis des Benutzers nicht zur Kategorie "Anzeige- und Bedienelement" gehören, da sie eher der Fahrtvorbereitung zugerechnet werden.

Eine Frage, die man sich im Zusammenhang mit der Reduzierung von Anzeigen im Fahrzeug stellen muß, ist: Was muß ein Fahrzeug minimal enthalten, um noch als solches akzeptiert zu werden? Für die Einführung eines Multifunktionsdisplays ist ja nicht nur entscheidend, zu wissen: Wieviel kann maximal dargestellt werden, ohne den Fahrer zu überfordern, sondern auch, was erwartet er minimal?

Die Auswertung anhand der beiden Kriterien (in mindestens 10 Fahrzeugen vorhanden und wenigstens von 1/3 der Versuchspersonen genannt) kommt zu dem Ergebnis, daß von Pkw- und Lkw-Fahrern die Elemente Tachometer, Drehzahlmesser, Kraftstoff- und Öldruckanzeige als wesentlich erachtet werden. Während bei den Lkw-Fahrern die Kühlmitteltemperatur als wichtig angesehen wird, stellt die Kühlung des Motors für Pkw-Fahrer offensichtlich kein Problem mehr dar. Der Wunsch nach Information über die Uhrzeit ist größer.

Eine globale Betrachtung der Wünsche nach Sonderausstattung zeigt bei den Lkw-Fahrern vor allem das Bedürfnis nach größerem Komfort, bei Pkw-Fahrern nach einem Schiebedach und einem besseren Radio. Weshalb die Wunschliste der Pkw-Fahrer vergleichsweise bescheiden ausfällt, obwohl ausdrücklich betont wurde, der finanzielle Aspekt solle keine Rolle spielen, ist nicht ohne weiteres erklärlich. Möglicherweise findet trotz dieses Hinweises ein gewisser Vergleich mit den eigenen finanziellen Möglichkeiten statt. Die Theorie der kognitiven Dissonanz würde dies so erklären: Dinge die ich ohnehin nicht bekommen konnte (oder bekommen kann) werden subjektiv als weniger wichtig eingestuft. Die Dissonanzreduktion zwischen meinen Wünschen und Möglichkeiten erhält das seelische Gleichgewicht.

6. Untersuchungen zu Analog- und Digitalanzeigen

6.1. Theoretischer Hintergrund

Die Wahrnehmung des Menschen ist so konzipiert, daß die Sehschärfe am Rande des Gesichtsfeldes zwar gering ist, jedoch Veränderungen in diesem Bereich sehr gut registriert werden, z.B. die Bewegungen von Ziffern auf der Armaturentafel, wenn der Blick auf die Fahrbahn gerichtet ist (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 3.9). Sobald eine Veränderung wahrgenommen wird, "springt" das Auge unwillkürlich auf die Stelle, die die Veränderung zeigt. Während dieser sakkadischen Augenbewegung kann das Auge weder Information aufnehmen, noch verarbeiten (vgl. a.a.O., Kap. 3.2.) .

Aus wahrnehmungstheoretischer Sicht stellen schnell veränderliche Digitalanzeigen, die in der Peripherie des Gesichtsfeldes liegen, ein Sicherheitsrisiko dar, da sie den Fahrer unwillkürlich ablenken.

Zur Wahrnehmung tritt jedoch noch die Informationsverarbeitung hinzu. Wie in FÄRBER & FÄRBER (1987), Kapitel 4. dargelegt, handelt es sich hier um sehr komplexe Mechanismen, was die Vorhersage von Auswirkungen eines bestimmten Displays betrifft. So ist beispielsweise denkbar, daß sich eine digitale Information (z.B. digitales Tachometer) noch nicht negativ auswirkt, wohl aber weitere hinzukommende Informationen (z.B. durch den Bordcomputer). Auch die Einstellung einer Person zu digitalen Anzeigen könnte eine Rolle spielen.

Wie wir in Kapitel 5.1.5, Abschnitt "Welche Darstellungsform für welchen Zweck?", a.a.O., 1987, ausführlich darstellten, ist es auch zwischen Experten umstritten, ob die digitale Form für Geschwindigkeitsanzeigen geeignet ist - wir entschlossen uns deshalb zu zwei Untersuchungen:

- Die Felduntersuchung soll eher explorativ die Eignung des digitalen Tachometers erfassen,

- ein experimenteller Vergleich sich mit objektiven und subjektiven Methoden den Fragen widmen:

Wie wirkt sich ein digitales Tachometer im Vergleich zum analogen aus?

Was geschieht, wenn zu einem digitalen bzw. analogen Tachometer ein digital ausgelegter Bordcomputer hinzu tritt? Welche Folgen haben mehrere digitale Anzeigen?

6.2. Feldstudie zur Informationssuche des Fahrers

Mit zwei neuen, nur in der Auslegung der Armaturentafel verschiedenen Fahrzeugen, Typ "Opel Kadett", wird eine kleine Feldstudie mit $n = 12$ Teilnehmern durchgeführt. Dabei soll geklärt werden,

- welche Information der Fahrer vom Tachometer erhalten will und
- in welchen Situationen die Information genutzt wird.

Neben der Methode der Introspektion (die Teilnehmer denken "laut", d.h. sie sprechen ihre Gedanken sofort aus) werden den Probanden verschiedene Aufgaben gestellt:

- Einhalten einer exakten Geschwindigkeit (30, 100, 130 km/h).
- Fahren in einem Geschwindigkeitsbereich (um 50 km/h = Stadtverkehr, um 100 km/h = Landstraße, um 130 km/h = Autobahn).
- Sich an eine Obergrenze herantasten (von 50 auf 80 km/h, d.h. Stadtbereich -> Landstraße; von 80 auf 140 km/h, z.B. Ende einer Autobahnbaustelle).
- Bei der Bergauffahrt schalten, wenn der niedrigere bzw. höhere Gang nicht mehr greift (Drehzahlmesser nicht sichtbar).
- Kurzfristige Entscheidung, die Autobahn zu verlassen; d.h. mit hoher Geschwindigkeit an Autobahnausfahrt heranfahren, scharf bremsen, herausfahren.
- Von der Landstraße kommend am Ortseingang (50 km/h) abbremsen.

Nach den Ergebnissen dieser Feldstudie dient das Tachometer als sekundäre Informationsquelle: Der Fahrer bildet sich zunächst eine Hypothese über die von ihm momentan gefahrene Geschwindigkeit. Die Basis für diese Hypothese sind andere Informationen, etwa Motoren- oder Fahrgeräusche, Vibration und die Änderung des visuellen Feldes. Zur Prüfung der Hypothese wird das Tachometer herangezogen. Es wird umso wichtiger, je weniger adäquate Informationen aus der Umgebung zur Verfügung stehen (z.B. beim Ausrollen des Fahrzeugs). Die Suche nach Information auf dem Tachometer erfolgt beim Kraftfahrer also hypothesengesteuert, und nicht, wie bei einer Maschine, datengesteuert.

Rein theoretisch bietet das digitale Tachometer an Information

- den Zahlenwert
- die Sprungfrequenz
- die Schrittweite der dargestellten Zahlen.

Das analoge Tachometer zeigt

- den Zahlenwert
- Markierungsstriche
- die Stellung des Zeigers (Winkel, Entfernung vom Nullpunkt)
- die Zeigerbewegung (Richtung und Geschwindigkeit).

Der Analogtacho bietet damit mehr Information, wobei dieses Mehr an Information vom Fahrer sehr flexibel, in Abhängigkeit von der Situation, genutzt wird:

Die Aufgabe, einen bestimmten Geschwindigkeitsbereich einzuhalten, kann von den Fahrern problemlos ausgeführt werden, selbst wenn die Beschriftung des analogen Tachometers mit einer Schablone verdeckt wird. Die Zeigerstellung, obwohl sie keine exakte Information liefert, genügt hier vollkommen, während die Zahl für diese wichtige, in der Realität primär vorkommende Aufgabe, verzichtbar ist. Die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit wird tendenziell leicht unterschätzt.

Soll eine exakte Geschwindigkeit eingehalten werden, so finden nach kurzer Gewöhnung an die Einteilung des Tachometers nur noch die Markierungsstriche, nicht jedoch die Zahl Beachtung.

Will sich der Fahrer an eine bestimmte Geschwindigkeit herantasten, dienen ihm die momentane Zeigerstellung, sowie Zahlenwert und Markierungsstrich der gewünschten Geschwindigkeit als Information.

Um beim Digitaltachometer das ständige, viel kritisierte Springen der Ziffern zu verhindern, wurde vom Hersteller die Dämpfung des Ziffernwechsels vorgenommen, d.h., einem bestimmten Algorithmus (z.B. Gradientenverfahren) folgend, ändert sich die Ziffer nur, wenn ein Grenzwert erreicht ist. Allerdings entsteht nun ein anderes Problem: die Anzeige läuft der gefahrenen Geschwindigkeit hinterher. Für den Benutzer entsteht die Diskrepanz zwischen suggerierter Genauigkeit der Anzeige (z.B. "53" km/h) und der Ungenauigkeit aufgrund der Dämpfung.

So wird beispielsweise die Aufgabe, sich an eine bestimmte Geschwindigkeit heranzutasten, durch das "Eigenleben" des Digitaltachos erschwert: Die Versuchspersonen schießen zunächst über das Ziel hinaus, um dann die Geschwindigkeit wieder zu reduzieren - es kommt zu einer Pendelbewegung. Soll ein Geschwindigkeitswert exakt eingehalten werden, so berichtet eine Person, der Digitaltacho erleichtere diese Aufgabe, da lediglich der angezeigte Wert mit dem vorgegebenen zu vergleichen sei. Die anderen Probanden berichten, es sei nahezu unmöglich, die Aufgabe auszuführen - wegen der ständigen Zahlensprünge. Sie fühlten sich veranlaßt, Hypothesen über das zugrundeliegende Dämpfungsmodell zu bilden und als "Dämpfungs-glied" dagegen zu halten.

Beim Beschleunigen auf einen bestimmten Geschwindigkeitswert muß vor Erreichen des Zielwertes abgebrochen werden, da der Tacho verspätet die erreichte Geschwindigkeit anzeigt. Beim Bremsen ist zu berücksichtigen, daß der angezeigte Wert höher ist als die tatsächliche Geschwindigkeit. Soll ein bestimmter Geschwindigkeitsbereich eingehalten werden, so wird bei den meisten Personen eine kognitive Kategorisierungsleistung erforderlich: Wird beispielsweise der Wert "53 km/h" gezeigt, ordnen die Probanden den Wert der Kategorie "50" zu. Nur mathematisch sehr gebildete Personen haben den gesamten Zahlenstrahl von 0 bis 200 im Geiste präsent, und können daher die Geschwindigkeit ohne Kategorisierung in einen Bereich direkt einordnen.

Beim Schalten des Fahrzeugs hat das Tachometer keine besondere Bedeutung, Schalthinweise werden vor allem durch akustische und haptische Eindrücke gegeben.

Auch bei extremen Bremsmanövern ist das Tachometer irrelevant - die Aufmerksamkeit des Fahrers ist zu stark an das Manöver gebunden.

Bei kontrollierten Bremsmanövern wird die Geschwindigkeit geschätzt, das Tachometer dient als Kontrolle. Das analoge Tachometer (Beschriftung sichtbar oder abgedeckt) wird als hilfreich empfunden, beim digitalen Tachometer bereitet die Dämpfung Schwierigkeiten.

6.3. Zielsetzung des experimentellen Vergleichs von Analog- und Digitalanzeigen am Beispiel von Tachometer und Bordcomputer

Ziel dieses Experiments ist, noch bestehende Unsicherheiten in der Diskussion, in welchem Umfang und für welche Funktion digitale Anzeigen im Kraftfahrzeug geeignet sind, aufzuklären und somit eine rationale Basis für die Entscheidung zu schaffen.

Dazu wird ein analog ausgeführtes Tachometer mit einem digitalen verglichen und diese beiden Versionen mit oder ohne digital ausgeführten Bordcomputer getestet.

Der Untersuchungsansatz umfaßt

- o die Fahraufgabe im Fahr Simulator (lenken, Geschwindigkeit schätzen und mit Gas- und Bremspedal regeln, blinken),
- o die Ableitung der Augenbewegungen mittels EOG,
- o die Aufforderung an den Probanden, bestimmte Informationen vom Display abzulesen und zu kategorisieren.

6.4. Hypothesen des experimentellen Vergleichs

H₁ Digitales versus analoges Tachometer:

Die Darbietung der Geschwindigkeitsinformation durch ein digitales Tachometer führt - im Vergleich zu einem analogen Tachometer - zu veränderten Blickabwendungen vom Verkehrsgeschehen.

H₂ Digitales versus analoges Tachometer mit zusätzlicher digitaler Information:

Die Darbietung zusätzlicher digital dargebotener Information interferiert mit der analogen bzw. digitalen Tachometergestaltung.

H₃ Auswirkung der Fahrsituation:

Zusätzliche Informationen aus dem Verkehrsumfeld (z.B. Stadtverkehr) wirken sich bei digitalen und analogen Tachometern unterschiedlich aus.

H₄ Auswirkung des Alters:

Ältere Personen kommen besser mit dem digitalen Tachometer zurecht, da sie die Anzeige aufgrund ihrer Größe besser lesen können und ihre Wahrnehmung im peripheren Bereich weniger empfindlich ist.

H₅ Auswirkung der Einstellung:

Personen, die eine positive Einstellung zum digitalen Tachometer aufweisen, kommen mit dieser Art der Darstellung besser zurecht als Personen, die ein digitales Tachometer negativ bewerten.

H₆ Einstellungswandel durch Erleben der Digitalanzeigen:

Personen, die Digitalanzeigen im Praxisbetrieb erleben, zeigen einen Wandel in ihrer Einstellung.

6.5. Experimentelles Design

6.5.1. Das Display

Das in Abbildung 6.1. abgebildete Display dient als Ausgangspunkt für dieses Experiment. Das Tachometer als wichtiges Hilfsmittel des Kraftfahrers ist zentral in der Mitte positioniert und zwar im oberen Abschnitt des Displays, damit der Blickabstand zwischen Außensicht und Tachometer so kurz wie möglich ist. Die "gute Gestalt" des Kreises dient als Grundform (a.a.O., 1987, S.38 ff), weshalb die Zahlen innerhalb der Skaleneinteilung liegen. Der Zeiger endet knapp vor der Zahl, die Zahl kann daher, ohne Verdeckung, bei jeder Zeigerstellung abgelesen werden (vgl. a.a.O., 1987, S.113).

Maße des analogen Tachometers:

- Durchmesser des analogen Tachometers: 85 mm
- Zeiger: Farbe gelb, Länge 31 mm, Breite 3 mm
- Ziffern: Typ "British Standards 3693:1964", Höhe 5 mm, Breite 3 mm, Dicke 1,5 mm.

Links vom Tachometer sind zwei Warnfelder (40 mm lang, 30 mm breit) vorgesehen, die nur bei Bedarf in Aktion treten. Hier leuchtet das entsprechende Piktogramm auf, um dem Kraftfahrer wichtige Informationen über sein Fahrzeug zu vermitteln (z.B. "Öltemperatur").

Unter den beiden Warnfeldern befinden sich vier Zustandsanzeigen für Öldruck, Öltemperatur, Treibstoffvorrat und Kühlmitteltemperatur. Diese Anzeigen sind auf Dauer sichtbar und so angeordnet, daß die kritischen Extremzustände jeweils am äußeren Rand liegen (Skalenlänge 37 mm).

Unterhalb des Tachometers ist eine Leiste mit Zustandsanzeigen angeordnet. Ist das entsprechende Element aktiv, so leuchtet das Piktogramm auf (Warnblinkanlage, Fahrtrichtungsanzeige, Feststellbremse, Fernlicht, Nebelscheinwerfer, Nebelschlußleuchte, Vorglühen).

Die Maße der Piktogramm-Felder betragen: 20 x 21 mm, Blinker 11 x 11 mm. Rechts vom Tachometer befindet sich ein freies Feld, das 105 x 75 mm mißt. Wahlweise findet hier der Drehzahlmesser, die Anzeige für Wegleitung, das Informationsfeld der Bordcomputers, etc. Platz.

Kilometerstand und Tageskilometerzähler sind an die äußere rechte Seite gerückt, da sie für die Fahraufgabe keine Relevanz besitzen.

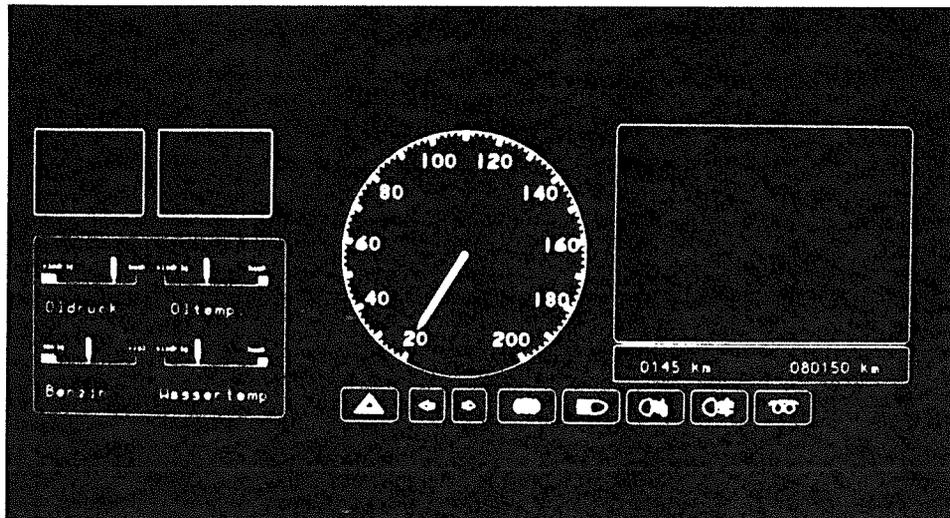


Abb. 6.1: Normalversion des Displays, Erläuterungen im Text

6.5.2. Variationen des Displays

Das in Abbildung 6.1. dargestellte Display erfährt in diesem Experiment einige Variationen: Im freien Feld rechts vom Tachometer werden unter zwei Versuchsbedingungen verschiedene Informationen des Bordcomputers eingespielt.

Die Schriftgröße beträgt: Höhe 5 mm, Breite 2 mm, Dicke 0,8 mm.

Außerdem wird das Tachometer alternativ als Digitalanzeige ausgeführt (siehe Abbildung 6.2.).

Abmessungen des digitalen Tachometers:

- Anzeigenfeld: Länge 105 mm, Breite 60 mm
- Art und Farbe der Ziffern: Siebensegment, Farbe hellgrün
- Größe der Ziffern: Höhe 40 mm, Breite 24 mm, Dicke 4,5 mm.

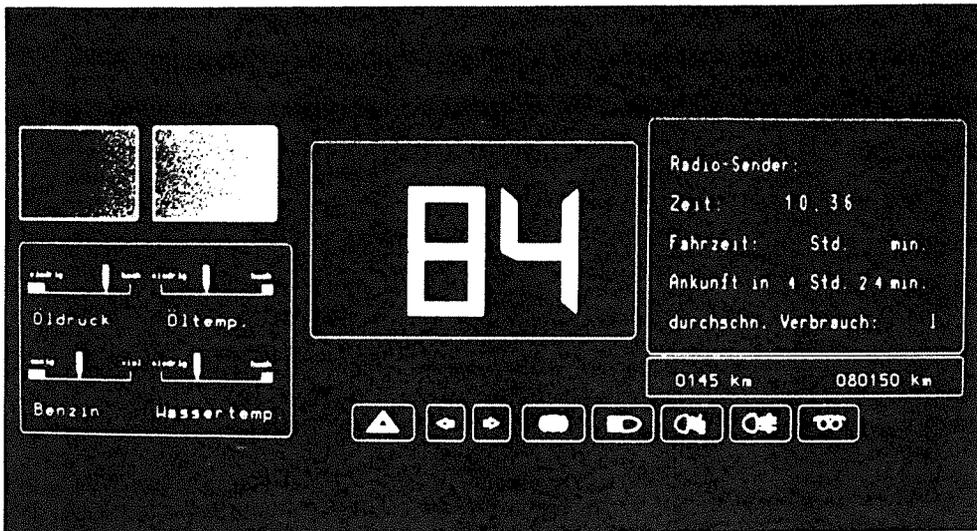


Abb. 6.2: Variation des ursprünglichen Displays
 - durch ein digitales Tachometer
 - durch ein digital ausgeführtes Informationsfeld

Tabelle 6.1. zeigt die entsprechenden Kombinationen, die das Display während des Versuchs annimmt:

Nr.	Tachometer	zusätzlich dargebotene Information
1.	analog	--
2.	analog	digital
3.	digital	--
4.	digital	digital

Tab. 6.1: Variationen des Displays

Die im Informationsfeld dargebotenen Informationen ändern sich wie folgt:

- Radio-Sender: SWF 3 / SDR 3 / HR 3
- Zeit: entsprechend der tatsächlichen Uhrzeit
- Fahrzeit bisher: tatsächliche Uhrzeit plus zwei Stunden
- Ankunft(szeit): Versuchsdauer plus drei Stunden
- durchschnittlicher Verbrauch: 8, 9, 10, 11, 12, 13, Liter,
(Reihenfolge zufällig)

6.5.3. Versuchsdesign

Prinzipiell bestehen zwei Möglichkeiten, die Auswirkungen des digitalen bzw. analogen Tachometers zu testen:

1. Versuchswiederholung: Der Film wird zweimal vorgeführt, einmal steht der Versuchsperson ein analoges Tachometer, beim zweiten Mal ein digitales Tachometer zur Verfügung.
2. Wechsel des Tachometers während eines Filmdurchgangs: Der Film wird jeder Versuchsperson nur einmal vorgeführt, das Display ändert sich während des Versuchs.

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile. Bei der ersten dauert der Versuch doppelt so lange wie bei der zweiten, doch sind hier die zu vergleichenden Situationen vollkommen parallel. Auch entfällt der möglicherweise störende Effekt eines plötzlichen Tacho-Wechsels während des Versuchs.

Da uns die Parallelität der Versuchsbedingungen besonders wichtig ist, wird der Film jeder Person zweimal dargeboten, einmal mit digitalem Tachometer, einmal mit analogem.

Nun könnte man argumentieren, die Probanden hätten im zweiten Versuchsdurchgang sicherlich mehr Übung und kämen aus diesem Grunde zu besseren Ergebnissen. Um diesen Effekt zu kontrollieren und mögliche Übungeffekte auszugleichen, werden die Versuchspersonen zwei Gruppen zugewiesen. Gruppe A beginnt mit dem analogen Tachometer, während Mitgliedern der Gruppe B zunächst das digitale Tachometer dargeboten wird.

Um zu prüfen, ob sich die Art des Tachometers in verschiedenen Fahrsituationen unterschiedlich auswirkt, führt die "Versuchsfahrt" über die Autobahn und durch Stadtgebiet.

Aus diesen Bedingungen ergibt sich folgendes Versuchsdesign:

Versuchsdurchgang	I		II	
Versuchsstrecke	Autobahn	Stadt	Autobahn	Stadt
Stichprobe				
Gruppe A	1 2	2 1	3 4	4 3
Gruppe B	3 4	4 3	1 2	2 1

Tabelle 6.2: Versuchsdesign
 (die Nummern beziehen sich auf die Display-Variationen, siehe Tab. 6.1.)
 1 : Analogtacho
 2 : Analogtacho, mit zusätzlicher Information
 3 : Digitaltacho
 4 : Digitaltacho, mit zusätzlicher Information

Zeichenerklärung:

- 01 Lautsprecher
- 02 Steuerung für Diaprojektor
- 03 Steuerung der Blende des Projektors
- 04 Kontrollaufzeichnung EOG
- 05 Lautsprecher
- 06 Verstärker
- 07 Wechselsprechanlage
- 08 Kontrollterminal
- 09 Mikrophon
- 10 Tonband zur Aufzeichnung der Antworten
- 11 Akustikschalter
- 12 Rechner zur Versuchssteuerung (PDP 11)
- 13 Frequenzgenerator
- 14 Graphik-Rechner
- 15 Graphik-Bildschirm
- 16 Tonband für Motorgeräusche
- 17 Diaprojektor (Einblenden der Geschwindigkeit)
- 18 und 19 Abschirmung (gegen Lichteinfall)
- 20 Optische Bank
- 21 Lautsprecher für Motorengeräusche
- 22 Frequenzspannungsmodulation
- 23 Projektor mit Schlitzblende
- 24 Bremspedal
- 25 Gaspedal
- 26 Fresnell-Linse
- 27 Lautsprecher für Wechselsprechanlage
- 28 Blinker und Lenkrad
- 29 Lautsprecher für Fragen während des Versuchs
- 30 Mikrophon für Versuchsperson
- 31 Filmprojektor
- 32 Steuergerät des Filmprojektors
- 33 Fahrstand
- 34 Leinwand für Film
- 35 Leinwand für Diaprojektor (Geschwindigkeitsbegr.)

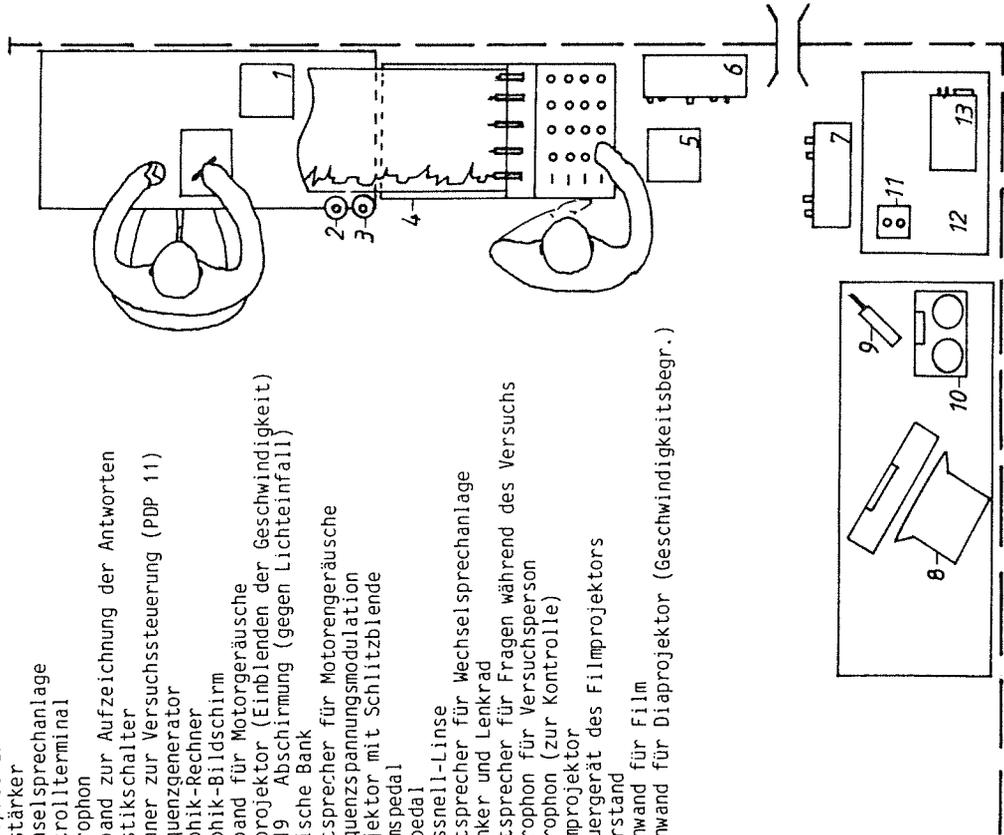


Abb. 6.3: Versuchssteuererraum

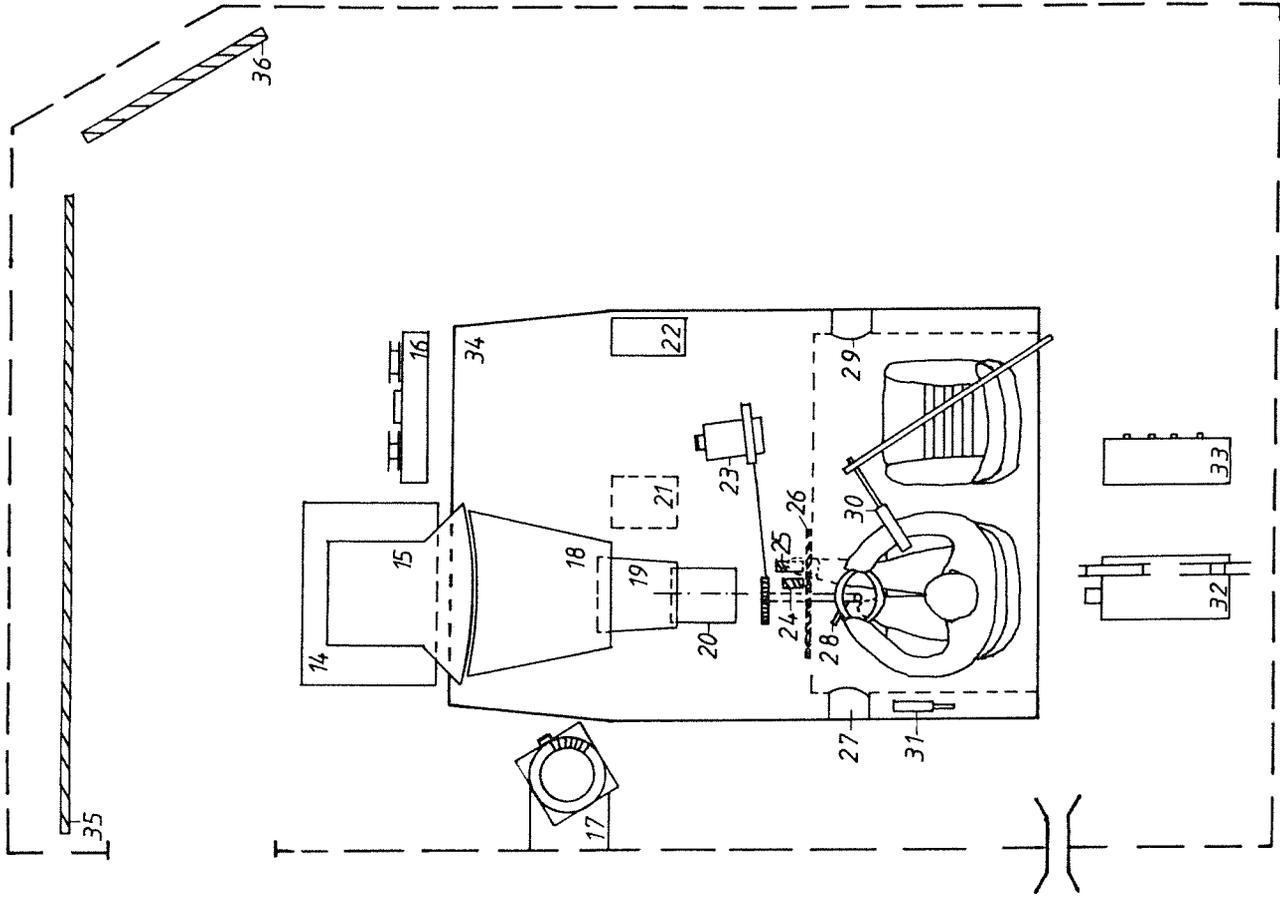
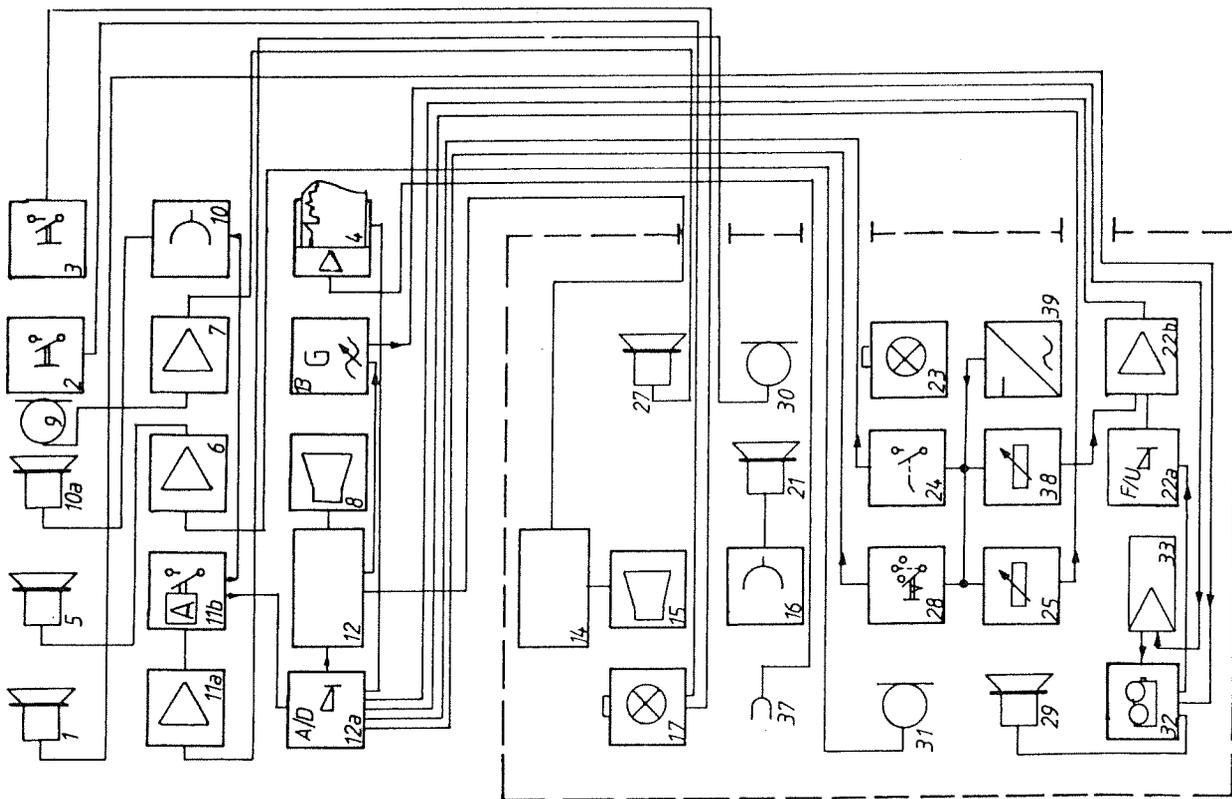


Abb. 6.4: Versuchsraum



Zeichenerklärung des Schaltplans:

- 01 Lautsprecher
- 02 Steuerung für Diaprojektor
- 03 Steuerung der Blende des Projektors
- 04 Kontrollaufzeichnung EOG (Beckman R511)
- 05 Lautsprecher
- 06 Verstärker für Mikrofon (37)
- 07 Wechselsprechanlage
- 08 Kontrollterminal (Prozeßrechner)
- 09 Mikrofon
- 10 Tonband zur Aufzeichnung der Antworten
- 10a Lautsprecher von Tonband (10)
- 11a und 11b Akustikschalter
- 12 Rechner zur Versuchssteuerung (PDP 11/73)
- 12a ADV11C A/D-Wandler des Rechners
- 13 Frequenzgenerator
- 14 Graphik-Rechner (Ramtek 4225 2D Graphics)
- 15 Graphik-Bildschirm (Ramtek, Auflösung 1280 x 1024 Bildpunkte)
- 16 Tonband für Motorgläusche
- 17 Diaprojektor (Einblenden der Geschwindigkeit)
- 21 Lautsprecher für Motorengeräusche
- 22a Frequenzspannungsmodulation
- 22b Verstärker für (22a)
- 23 Projektor mit Schlitzeblende
- 24 Bremspedal
- 25 Gaspedal
- 27 Lautsprecher für Wechselsprechanlage
- 28 Blinker und Lenkrad
- 29 Lautsprecher für Fragen während des Versuchs
- 30 Mikrofon für Versuchsperson
- 31 Mikrofon (zur Kontrolle)
- 32 Filmprojektor (Braun Visakustik 2000 digital)
- 33 Steuergerät des Filmprojektors
- 37 Elektroden für EOG
- 38 Drehpotentiometer (Lenkung)
- 39 A/D Wandler

Abb. 6.5: Schaltplan des experimentellen Vergleichs von Analog- und Digitalanzeigen

6.5.4. Versuchsaufbau

In Abbildung 6.3. ist der Versuchssteuerraum, in Abbildung 6.4. der Versuchsraum und in Abbildung 6.5. der Schaltplan dargestellt.

Im abgedunkelten Versuchsraum ist ein Fahrstand aufgebaut.

Das Kernstück dieses Versuchsaufbaus befindet sich im Motorraum des Fahrzeugs: Es handelt sich um einen hochauflösenden Graphikbildschirm (Typ: Ramtek 4225, 6 Bildebenen, Auflösung 1280 x 1024 Bildpunkte, 256 Farben aktuell, 16 Millionen virtuell), auf dem die verschiedenen Versionen des Fahrzeugdisplays in Echtzeitsimulation dargeboten werden können.

Über ein optisches System*) wird das vom Bildschirm erzeugte Bild auf eine Fressnell-Linse übertragen, die die Armaturentafel ersetzt (Abb. 6.6). Der Fahrer hat auf diese Weise ein Anzeigenfeld mit dynamischen Anzeigen, die je nach Versuchsbedingung variieren, vor sich.



Abb. 6.6: Das optische System (Bildschirm, Übertragungsoptik)

*)Anmerkung:

An dieser Stelle wollen wir uns sehr herzlich bei J.-F. LONGCHAMP vom Institute de Recherches Robert Bosch S.A., Lonay, Schweiz, für die Berechnung und die leihweise Überlassung des optischen Systems bedanken.

In einer Entfernung von ca. 4,4 m vom Fahrer (das Auge ist dann auf unendlich eingestellt, vgl. Kap. 3.3, a.a.O., 1987) wird auf einer Leinwand ein Film mit realem Verkehrsgeschehen dargeboten, bei dem die Kamera einem vorausfahrenden Fahrzeug folgt. Die Steuerung des Filmprojektors erfolgt über ein Synchronsignal des Prozeßrechners (PDP 11/73), der den gesamten Versuchsablauf und die Datenaufzeichnung koordiniert.

Die Versuchsperson hat die Aufgabe,

- zu bremsen, wenn die Bremslichter des vorausfahrenden Fahrzeugs aufleuchten,
- zu blinken, wenn der Vorausfahrende einen Fahrtrichtungswechsel anzeigt,
- die Geschwindigkeit dem vorausfahrenden Fahrzeug anzupassen und
- die entsprechenden Lenkbewegungen auszuführen (Folgetracking).

Um die letztgenannte Aufgabe zu erleichtern, ist das Lenkrad des Fahrstands mit einem Lichtstrich (Projektor mit Schlitzblende) gekoppelt, wodurch der Fahrer permanent Rückmeldung über seine Lenkbewegungen erhält. Zudem ist die Mitte des vorausfahrenden Fahrzeugs mit einem roten Streifen markiert.

Neben der Fahraufgabe wird die Versuchsperson gebeten, verschiedene Einschätzungen abzugeben (z.B., ob die momentane Geschwindigkeit innerhalb des vorgeschriebenen Bereichs liegt), vgl. hierzu Abschnitt 6.5.6. Reaktionszeit und Inhalt der Antwort wird per Mikrophon aufgenommen und protokolliert.

6.5.5. Versuchsablauf

Die Experimente werden im Einzelversuch durchgeführt.

Zunächst erhält die Versuchsperson einen Bogen, auf dem sie ihre persönliche Einschätzung zu Digital-/Analoganzeigen einträgt (siehe 6.5.7. Einstellungsmessung).

Anschließend macht sich der Proband mit der Bedienung des "Fahrzeugs" vertraut, das Display und seine Möglichkeiten werden ihm erläutert und die Versuchsanweisung gegeben.

Der gesamte Versuch besteht aus zwei Versuchsdurchgängen.

Jeder Versuchsdurchgang setzt sich aus einer ca. dreiminütigen Eingewöhnungsphase und der Testphase von ca. 25 Minuten Dauer zusammen.

Nach dem ersten Versuchsdurchgang wird eine längere Pause eingelegt, in der sich die Versuchsperson entspannen kann.

Anschließend wird das nun aktuelle Display erklärt (die anderen Versuchsbedingungen bleiben unverändert) und es folgt der zweite Versuchsdurchgang.

Zum Abschluß erhält die Versuchsperson nochmals einen Einschätzungsbogen und wird über ihre persönlichen Eindrücke, bisherigen Erfahrungen und ihre Meinung befragt.

6.5.6. Aufgaben während der Fahrt

Folgende Fragen werden der Versuchsperson während der Fahrt gestellt:

- o Ist der Öldruck in Ordnung?
- o Ist die Öltemperatur in Ordnung?
- o Ist das Benzin im Reservebereich?
- o Ist die Wassertemperatur in Ordnung?
- o Liegt die Geschwindigkeit im erlaubten Bereich? (In vier Situationen, in denen die erlaubte Geschwindigkeit durch ein Verkehrszeichen in der Außensicht des Fahrers angezeigt wird)
- o Welcher Radio-Sender ist eingestellt?
- o Wie spät ist es?
- o Wie lang ist die bisherige Fahrzeit?
- o Wann kommen Sie am Ziel an?
- o Wie hoch ist der durchschnittliche Benzinverbrauch im Moment?

6.5.7. Einstellungsmessung

Die Einstellung, die ein Kraftfahrer zum analogen bzw. digitalen Tachometer und anderen Anzeigen hat, ist von besonderem Interesse. Dabei nehmen wir an, daß die Versuchspersonen noch kaum über Erfahrung mit digitalen

Anzeigen im Kraftfahrzeug verfügen. Ein Vergleich ihrer vor dem Versuch geäußerten Einstellung und der Meinung, die sie nach gesammelter Erfahrung vertreten, ist vielversprechend.

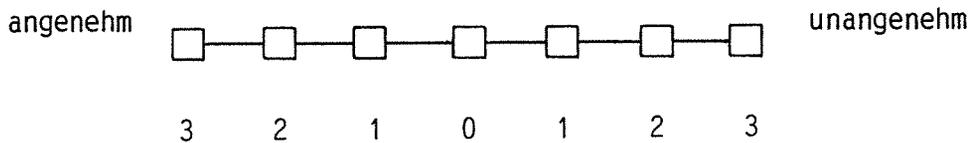
Zur Messung der Einstellung eignet sich das "Semantische Differential". Unter diesem Begriff wird eine Liste von bipolaren Einstellungs paaren verstanden, deren Endpunkte aus gegensätzlichen Adjektivpaaren bestehen (z.B. gut - schlecht) (vgl. STROEBE, 1980). Betrachtet man das Adjektivpaar als Ausprägung mit zwei verschiedenen Polen, so kann die persönliche Wertung in einer siebenstufigen Skala (von "sehr gut" bis "sehr schlecht") vorgenommen werden. Für unsere Erhebung wurden folgende, von SCOTT (1967) und SCOTT & ROWCAND (1970) entwickelten Adjektivpaare verwendet, vgl. Tabelle 6.3:

(01)	angenehm	-	unangenehm
(02)	berechtigt	-	unberechtigt
(03)	positiv	-	negativ
(04)	sinnvoll	-	sinnlos
(05)	erleichternd	-	erschwerend
(06)	gut	-	schlecht
(07)	zweckmäßig	-	unzweckmäßig
(08)	wichtig	-	unwichtig
(09)	nötig	-	unnötig
(10)	nützlich	-	unnützlich
(11)	sicher	-	unsicher
(12)	entlastend	-	belastend
(13)	vernünftig	-	unvernünftig
(14)	nicht ablenkend	-	ablenkend
(15)	förderlich	-	hinderlich

Tab. 6.3: Adjektivpaare für die Einstellungsmessung

Auf der Liste der Wortpaare steht das positive Item nach einer Zufallsfolge entweder an erster oder an letzter Stelle. Die Probanden erhalten zwei Listen und sollen auf einer siebenstufigen Skala ihre persönliche Meinung zu Analog- bzw. zu Digitalanzeigen ausdrücken.

Zum Beispiel: "Ein digitales Tachometer im Kraftfahrzeug ist ..."



Hält ein Proband ein digitales Tachometer für sehr angenehm, so kreuzt er die Ziffer +3 bei "angenehm" an, hält er es für weder angenehm, noch unangenehm, so kreuzt er 0 an, usw.

6.6. Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen

Das Experiment wird mit 32 Probanden, 16 älteren (über 50 Jahre) und 16 jüngeren Kraftfahrern durchgeführt. Sie sind berufstätig, verfügen über eine Fahrerfahrung von mindestens 30.000 km und besitzen ein eigenes Fahrzeug. Die Probanden werden per Zeitungsanzeige angeworben.

6.7. Abhängige Variablen - Erfassung und Auswertung

Als abhängige Variablen werden erhoben:

- o Fahrgüte
- o Augenbewegungen mittels Elektrookulogramm (EOG)
- o Reaktionshäufigkeit und Zeitbedarf bei Fragen
- o subjektive Bewertung von Analog- und Digitalanzeige(n)
- o Einstellung zu Analog- und Digitalanzeigen
- o Einstellungsänderung durch Erfahrung mit Digitalanzeigen

Um Analog- und Digitalanzeige(n) vergleichen zu können, werden die Fragen während der Versuchsfahrt in identischen Verkehrssituationen gestellt.

Die Güte der Fahraufgabe wird einerseits durch die Erfassung der Reaktionszeit auf die beiden Signale "blinken" und "bremsen" des Vorausfahrenden ermittelt. Gestoppt wird die Zeit, die zwischen Aufleuchten des Blink- oder Bremslichtes und der Reaktion der Versuchsperson durch Betätigung des Blinkers oder des Bremspedals verstreicht.

Andererseits gehören zur Fahraufgabe auch die Lenkbewegungen. Erhoben wird die Differenz zwischen Soll- und Istwert, d.h. der Lenkvorgabe und der Trackingleistung der Versuchsperson.

Die Geschwindigkeitsanpassung wird durch eine Korrelationsberechnung ermittelt. Diese Art der Auswertung verhindert, daß eine Versuchsperson, die die Geschwindigkeit zwar gemäß der Änderung des vorausfahrenden Fahrzeugs variiert, in ihrer Einschätzung insgesamt aber zu hoch oder zu niedrig liegt, einen schlechteren Wert erhält, als eine Versuchsperson, die konstant mit mittlerer Geschwindigkeit fährt, ohne auf den Vorausfahrenden einzugehen.

Zur Messung der vertikalen Augenbewegungen mittels EOG wird je eine Elektrode über und eine unter dem Augenlid appliziert; die Referenzelektrode befindet sich hinter dem Ohr. Aus der Aufzeichnung der Potentialänderungen der Augenmuskulatur kann abgeleitet werden, ob der Fahrer auf das Display oder die "Straße" blickt.

Die EOG-Messung erlaubt einerseits die Erfassung der Blickhäufigkeit, beantwortet also die Frage, wie oft der Fahrer vom Verkehrsgeschehen auf das Display blickt, andererseits die Erfassung der Blickdauer, d.h., wie lange der Blick vom Verkehrsgeschehen abgewandt wird.

Protokolliert wird, ob die während der Fahrt gestellten Fragen (vgl. 6.5.6.) beantwortet werden und ob die Antwort richtig ist.

Ebenso wird die Zeit, die zwischen einer Frage und dem Antwortbeginn verstreicht, gemessen und als Indikator für den Ablenkungsgrad des Displays unter der entsprechenden Versuchsbedingung gewertet. (Meßbeginn ist das für das Verstehen der Frage bedeutsame Wort, z.B. "Öldruck" bei der Frage: "Ist der Öldruck in Ordnung?").

Die Erhebungen zur Einstellungsmessung wurden bereits in 6.5.7. behandelt.

6.8. Ergebnisse

6.8.1. Genereller Vergleich zwischen Analog- und Digitaltacho

Voraussetzungen:

Verglichen wird hier der erste Testdurchgang mit dem zweiten, wobei jeweils einer mit analogem, der andere mit digitalem Tachometer gefahren wurde (vgl. 6.5.3. Versuchsdesign).

Besonders wichtig ist zunächst die Klärung der Frage, ob es etwa Lerneffekte von einem zum anderen Versuchsdurchgang gegeben hat - dies wäre an einer Verbesserung der Leistung ersichtlich -, oder Ermüdungseffekte, die sich in einer Leistungsverschlechterung manifestieren würden.

Wir vergleichen daher die Teilstichprobe, die mit dem analogen Tachometer begann, mit der Teilstichprobe, die das Analogtacho erst beim 2. Versuchsdurchgang bekam und gleiches für das digitale Tachometer.

Als "Testitems" dienen die Reaktionszeiten auf die Fragen, die während des Versuchs gestellt wurden. Hier wurde differenziert zwischen Fragen

- die die Geschwindigkeit,
- die Zustandsanzeigen,
- die Informationen des Bordcomputers betreffen.

Der t-Test für unabhängige Stichproben bringt für den Vergleich der Reaktionszeiten keinerlei signifikante Unterschiede zwischen den beiden Versuchsdurchgängen.

Es treten keine Lern- oder Ermüdungseffekte durch die Versuchswiederholung auf; die Wirkung der verschiedenen Tachometer kann also anhand des Versuchsdesigns geprüft werden.

Hypothese:

Die Darbietung der Geschwindigkeitsinformation durch ein digitales Tachometer führt - im Vergleich zu einem analogen Tachometer - zu veränderten Blickabwendungen vom Verkehrsgeschehen.

Prüfung:

Die Beobachtungs- und Meßwerte, die unter der Versuchsbedingung "analoges Tachometer" gewonnen wurden, sind denen gegenüberzustellen, die unter der Versuchsbedingung "digitales Tachometer" zustande kamen. Variablen sind dabei EOG, Lenkgüte, Bremsreaktionszeit, Reaktionszeit auf den Blinker, Geschwindigkeitsänderung, Zeitbedarf bei Fragen.

Der Vergleich wird dreimal durchgeführt:

- für den gesamten Versuchsablauf
- für die Teile des Versuchs, bei denen zusätzliche Information über Bordcomputer dargeboten wird
- für die Teile des Versuchs, bei denen keine zusätzliche Information geboten wird.

Ergebnisse:

Die signifikanten Ergebnisse der Hypothesenprüfung (t-Test) sind in Tabelle 6.4. niedergelegt.

Die Daten entsprechen der theoretischen Vorhersage, das digitale Tachometer werde aufgrund der Helligkeitsänderung in der Peripherie die Blicke des Fahrers spontan auf sich lenken: Die **Blickhäufigkeit** auf das digitale Tachometer ist signifikant höher, als auf das analoge.

Die **Gesamtblickdauer**, gemessen als Summe aller Blicke, multipliziert mit ihrer jeweiligen Dauer, unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den einzelnen Tachometern. Daraus kann gefolgert werden, daß der digitale Tacho den Blick des Fahrers häufiger, aber kürzer auf sich lenkt.

Diese Folgerung bestätigt sich auch bei der Analyse des durchschnittlichen Zeitbedarfs für einen Blick: Die durchschnittliche Blickdauer ist beim Analogtacho signifikant länger.

Im Mittel dauert ein Blick auf den Digitaltacho 531 msec, auf den Analogtacho 646 msec. Diese Differenz ist statistisch signifikant (t-Test).

abh. Variablen	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Blickhäufigkeit (alle Blicke)	häufiger bei Digitaltacho $p = .003$	häufiger bei Digitaltacho $p = .044$	häufiger bei Digitaltacho $p = .001$
Blickhäufigkeit (spontane Blicke)	häufiger bei Digitaltacho $p = .007$	häufiger bei Digitaltacho $p = .041$	häufiger bei Digitaltacho $p = .004$
Durchschn. Zeit für 1 Blick	länger bei Analogtacho $p = .000$	länger bei Analogtacho $p = .000$	länger bei Analogtacho $p = .000$

Tab. 6.4: Vergleich des Displays mit analogem versus digitalem Tacho

Nicht signifikant sind die Unterschiede bei der Lenkgüte, Geschwindigkeitsanpassung, Reaktionszeit auf Bremse und Blinker.

Auch bezüglich der Reaktionszeiten auf die Fragen, die während der Fahrt gestellt wurden, gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen Analog- und Digitaltacho, gleichgültig, ob die Information vom Tachometer, von Zustandsanzeigen oder vom Bordcomputer abzunehmen war.

Was die Häufigkeit von falschen oder fehlenden Antworten betrifft, so sind keine Unterschiede festzustellen. Wie Abbildung 6.7. zeigt, steigt die Zahl fehlender oder falscher Antworten lediglich unter der generellen Bedingung "mit Bordcomputer" an, gleichgültig, welche Tachoversion vorgegeben ist. Dies kann durch die größere Informationsfülle, aber auch durch Probleme der Lesbarkeit bei der Realisation im Versuch bedingt sein.

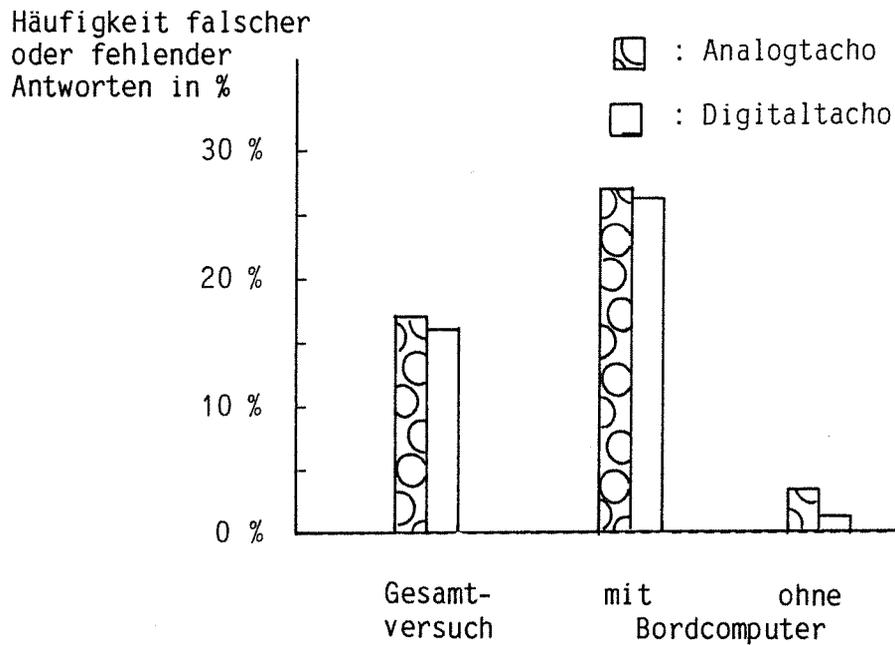


Abb. 6.7: Prozentualer Anteil falscher oder fehlender Antworten

6.8.2. Einfluß der Situation - Unterschiede zwischen Stadtverkehr und Autobahn

Hypothese:

Zusätzliche Informationen aus dem Verkehrsumfeld (z.B. Stadtverkehr) wirken sich bei digitalen und analogen Tachometern unterschiedlich aus.

Prüfung:

Der Versuchsfilm gliedert sich in zwei Abschnitte:

- Autobahnstrecke mit je zwei Richtungsfahrbahnen
- Stadtverkehr.

Die Beobachtungs- und Meßwerte, die bei den abhängigen Variablen vorliegen, werden für den gesamten Versuch, den Stadt- und Autobahnbereich verglichen.

Ergebnisse:

Die Tabellen 6.5. und 6.6. zeigen die Ergebnisse der t-Tests für die EOG-Daten, wobei differenziert wird zwischen spontanen Blicken (ohne Frage des Versuchsleiters, ohne spezifische Instruktion) und allen Blickzuwendungen:

alle Blickzuwendungen:			
Display Straße	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Stadt	häufiger bei Digitaltacho $p = .008$	n.sig.	häufiger bei Digitaltacho $p = .002$
Autobahn	häufiger bei Digitaltacho $p = .014$	häufiger bei Digitaltacho $p = .035$	häufiger bei Digitaltacho $p = .019$
spontane Blickzuwendungen:			
Display Straße	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Stadt	häufiger bei Digitaltacho $p = .029$	n.sig.	häufiger bei Digitaltacho $p = .006$
Autobahn	häufiger bei Digitaltacho $p = .025$	häufiger bei Digitaltacho $p = .049$	häufiger bei Digitaltacho $p = .047$

Tab. 6.5: Blickhäufigkeit auf die Armaturentafel

alle Blickzuwendungen:			
Display Straße	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Stadt	länger bei Analogtacho p = .008	länger bei Analogtacho p = .011	länger bei Analogtacho p = .046
Autobahn	n.sig.	n.sig.	n.sig.
spontane Blickzuwendungen:			
Display Straße	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Stadt	länger bei Analogtacho p = .007	länger bei Analogtacho p = .012	länger bei Analogtacho p = .026
Autobahn	n.sig.	n.sig.	n.sig.

Tab. 6.6: Blickdauer auf Armaturentafel

Wie wir sehen, werden auf der Autobahn **häufiger Blicke auf den Digitaltacho** geworfen. Aber auch im Stadtverkehr sind die Blickzuwendungen generell, und unter der Versuchsbedingung "digitales Tacho + Bordcomputer" signifikant höher als unter der Bedingung "analoges Tacho + Bordcomputer". Allerdings ist die **Blickdauer beim analogen Tachometer** in der städtischen Umgebung **länger**.

Berechnen wir den durchschnittlichen Zeitbedarf für einen Blick

$$\frac{\text{Gesamtblickdauer}}{\text{Gesamtblickhäufigkeit}}$$

so erhalten wir einen signifikant höheren Zeitbedarf beim **Analogtacho**, wie Tabelle 6.7. zeigt:

Display Straße	Gesamtversuch	ohne Bordcomp.	mit Bordcomp.
Stadt	länger bei Analogtacho p = .000	länger bei Analogtacho p = .002	länger bei Analogtacho p = .000
Autobahn	länger bei Analogtacho p = .001	länger bei Analogtacho p = .001	länger bei Analogtacho p = .019

Tab. 6.7: Durchschnittlicher Zeitbedarf für 1 Blick

Bezüglich der Lenkgüte sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Auch bei den Variablen Geschwindigkeitsanpassung, Reaktionszeit auf Bremse, Reaktionszeit auf Blinker des Vorfahrenden, ist nur bei einer von sechs Versuchsbedingungen ein Unterschied auszumachen: unter der Bedingung Stadtverkehr, ohne Bordcomputer.

Die fehlenden oder falschen Antworten auf Fragen während der Fahrt sind unabhängig von der Art des Tachometers und dem Verkehrsumfeld (vgl. Tabelle 6.8) - wesentliche Einflußvariable ist der Bordcomputer. Die möglichen Gründe hierfür wurden bereits in Zusammenhang mit Abbildung 6.7. diskutiert.

Display Straße	ohne Bordcomp.		mit Bordcomp.	
	Anal.	Dig.	Anal.	Dig.
Stadt	2 %	0 %	22 %	26 %
Autobahn	3 %	2 %	31 %	26 %

Tab. 6.8: Häufigkeit fehlender oder falscher Antworten bei Analog- bzw. Digitaltacho

6.8.3. Einfluß der Person - Auswirkung des Alters

Hypothese:

Ältere Personen kommen besser mit dem digitalen Tachometer zurecht, da sie die Anzeige besser lesen können und ihre Wahrnehmung im peripheren Bereich weniger empfindlich ist.

Prüfung:

Die Altersgruppe der jüngeren Probanden umfaßt 16 Personen im Alter von 21 und 38 Jahren, die der älteren Probanden umfaßt 16 Personen von 50 bis 66 Jahren. Nun werden die Beobachtungs- und Meßwerte, die bei den abhängigen Variablen bei jüngeren bzw. älteren Probanden auftreten, mittels t-Test verglichen.

Ergebnisse:

Tabelle 6.9. zeigt die signifikanten Ergebnisse im Überblick.

abh. Variable	Alter der Probanden	
	jüngere Vpn	ältere Vpn
Blickhäufigkeit auf Display	n.sig.	bei Digitaltacho häufiger p = .001, .021, .001
Geschwindigkeitsanpassung	bei Analogtacho (mit Bordcomp.) bessere Geschw.-anpassung p = .018	n.sig.

Tab. 6.9: Einflüsse des Alters

Interessanterweise sind es die älteren Versuchspersonen, die häufiger auf das Display mit Digitaltacho schauen, während es bei den Jüngeren keine Unterschiede zwischen analog und digital bezüglich der **Blickhäufigkeit** gibt. Doch auch die Jüngeren profitieren vom Analogtacho: Unter der Be-

dingung "Analogtacho, mit Bordcomputer" passen sie ihre Geschwindigkeit besser an das vorausfahrende Fahrzeug an.

Alter \ Display	ohne Bordcomp.		mit Bordcomp.	
	Anal.	Dig.	Anal.	Dig.
Jüngere Vpn	0 %	0 %	5 %	4 %
Ältere Vpn	5 %	5 %	51 %	47 %

Tab. 6.10: Häufigkeit fehlender oder falscher Antworten bei Analog- bzw. Digitaltacho:

Was die Häufigkeit fehlender oder falscher Antworten auf Fragen, die während der Fahrt gestellt wurden, betrifft, so zeigt Tabelle 6.10. klar, daß es vor allem die älteren Personen sind, die nicht auf die Informationen des Bordcomputers reagieren (statistisch hochsignifikanter Unterschied). Die Art des Tachometers spielt dabei keine Rolle. Obwohl die Buchstaben und Zahlen Normgröße aufwiesen, hatten die älteren Vpn wahrscheinlich Probleme beim Ablesen der einzelnen Werte. Die Hypothese der Informationsüberlastung durch den Bordcomputer bei älteren Fahrern kann nach den Ergebnissen noch nicht als bestätigt angesehen werden; sie wird im folgenden Experiment geprüft.

Wesentlich interessanter bei den vorliegenden Ergebnissen sind die annähernd gleichen Werte zwischen Analog- und Digitaltacho ohne Bordcomputer. Die Annahme, ältere Fahrer hätten mit der Lesbarkeit des Analogtachos größere Schwierigkeiten und würden daher von den größeren Ziffern des Digitaltachos erheblich profitieren, kann nicht aufrecht erhalten werden. Warum kamen aber frühere Studien zu diesem Schluß? Die Erklärung für diese Diskrepanz ist in der Art der Aufgabenstellung zu suchen: Während andere Studien meist nach der exakten Geschwindigkeit fragten, wird hier auf den erlaubten Geschwindigkeitsbereich abgehoben. Für die Verkehrssicherheit ist aber allein die Bereichsfrage ausschlaggebend und nicht etwa, ob ein Fahrer 50 km/h oder 52 km/h fährt. Unter diesem Gesichtspunkt profitieren ältere Fahrer nicht vom Digitaltacho.

6.8.4. Einfluß der Person - Auswirkung der Einstellung zum digitalen Tachometer

Hypothese:

Personen, die eine positive Einstellung zum digitalen Tachometer aufweisen, kommen mit dieser Art der Darstellung besser zurecht, als Personen, die ein digitales Tachometer negativ bewerten.

Prüfung:

Zunächst ist zu ermitteln, welche Personen dem digitalen Tachometer gegenüber positiv eingestellt sind und welche negativ. Dazu wird für die erste Einstellungsmessung ein Gesamtscore über alle Adjektivpaare des semantischen Differentials ermittelt. Personen, deren Mittelwert zwischen +1 und +3 liegt, werden als positiv Eingestellte bezeichnet (n = 11), Personen, deren Mittelwert zwischen 0 und -3 liegt, werden als negativ Eingestellte bezeichnet (n = 11).

Nun können die Beobachtungs- und Meßwerte, die bei den abhängigen Variablen bei positiv bzw. negativ Eingestellten auftreten, mittels t-Test verglichen werden.

Ergebnisse:

Tabelle 6.11. zeigt die Ergebnisse im Überblick.

Die Annahme, positive Einstellung zum Digitaltacho bewirke auch durchwegs positive Ergebnisse im Sinne der Verkehrssicherheit, kann nicht bestätigt werden: Zwar passen Personen, deren **Einstellung zum Digitaltacho positiv** ist, unter der Bedingung "Digitaltacho" ihre **Geschwindigkeit besser** an das vorausfahrende Fahrzeug an, doch werfen sie auch signifikant mehr Blicke auf die Geschwindigkeitsanzeige.

	Einstellung zum Digitaltacho	
	positiv	negativ
Blickhäufigkeit auf Display	bei Digitaltacho mehr Blicke $p = .001$	n.sig.
Lenkgüte	n.sig.	bei Digitaltacho größere Abweichung $p = .016$
Geschwindigkeitsanpassung	bei Digitaltacho (ohne Bordcomp.) bessere Anpassung $p = .041$	n.sig.

Tab. 6.11: Auswirkung der Einstellung

In Tabelle 6.12. sind die prozentualen Häufigkeiten fehlender bzw. falscher Antworten auf Fragen während der Fahrt eingetragen. Wir können daraus ersehen, daß die Einstellung in keinem Zusammenhang zu den Fehlern steht.

Display Einstellung	ohne Bordcomp.		mit Bordcomp.	
	Anal.	Dig.	Anal.	Dig.
negativ zu digital	4 %	5 %	29 %	25 %
positiv zu digital	4 %	2 %	36 %	36 %

Tab. 6.12: Häufigkeit fehlender oder falscher Antworten bei positiver bzw. negativer Einstellung zum Digitaltacho

6.8.5. Einfluß der Person - Änderung der Einstellung im Laufe des Versuchs

Hypothese:

Personen, die Digitalanzeigen im Praxisbetrieb erleben, zeigen einen Wandel in ihrer Einstellung.

Prüfung:

Der Bogen zur Erhebung der Einstellung zum analogen bzw. digitalen Tachometer wurde den Probanden jeweils vor Versuchsbeginn und nach Beendigung des Versuchs vorgelegt.

Ergebnisse:

Bestimmt man den Median pro Item (über alle Versuchspersonen), so ergibt sich die in Abbildung 6.8. dargestellte Veränderung der Einstellung.

Sie zeigt auffällig, daß der analoge Tachometer wesentlich positiver bewertet wird: in der Regel liegt der Median der Urteile bei der ersten Befragung zwischen +2 und +3, bei der zweiten Beurteilung um +2. Der Digitaltacho wird nicht so positiv gesehen: der Median liegt zwischen 0 und +1, in einem Falle, dem Item "ablenkend", driftet der Median sogar in den negativen Bereich ab.

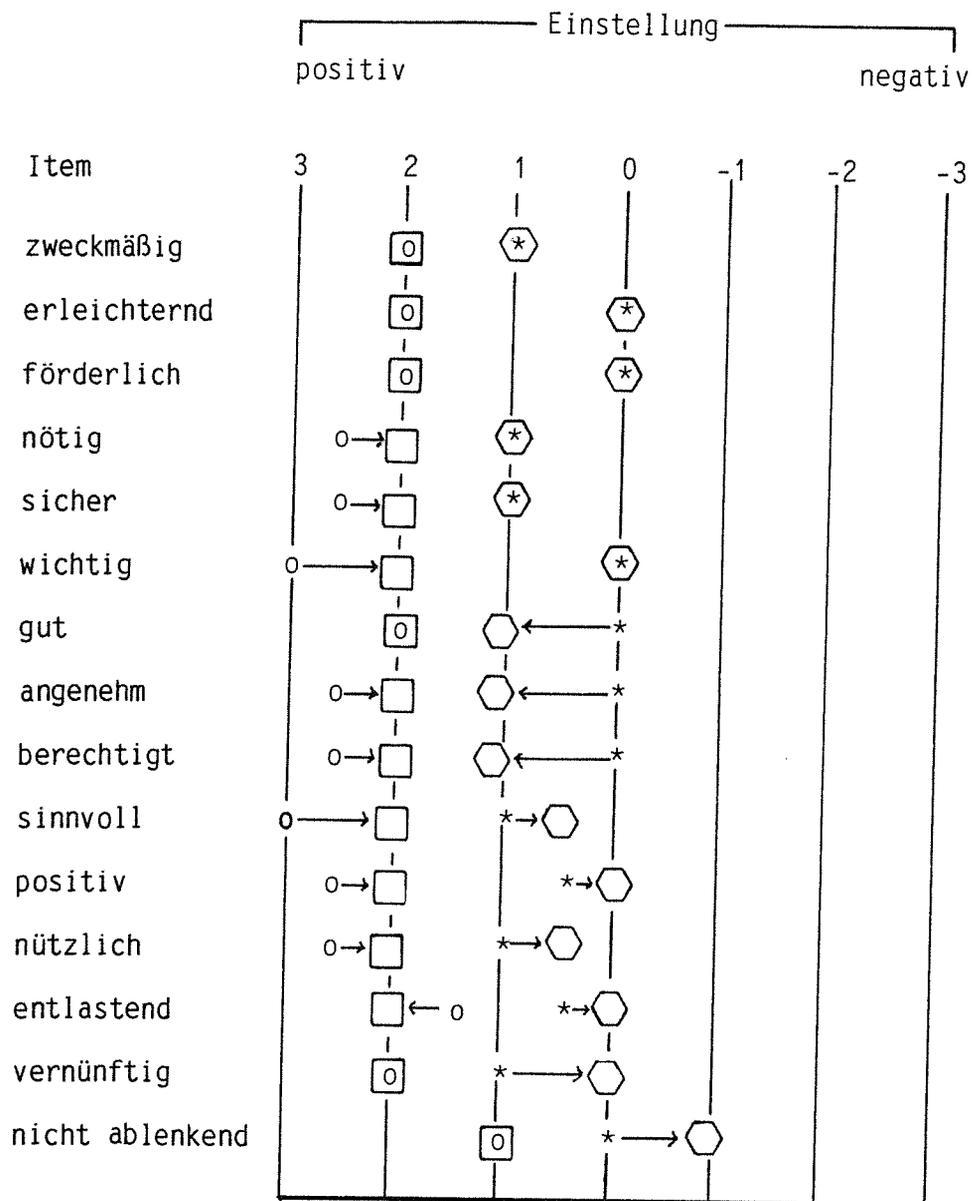


Abb. 6.8: Median der Einstellung

zum analogen Tacho, vor Versuchsbeginn: ○
zum digitalen Tacho, vor Versuchsbeginn: *
zum analogen Tacho, nach dem Versuch: □
zum digitalen Tacho, nach dem Versuch: ⬡

Beim analogen Tachometer ist das Feld der Meinungen wesentlich homogener, es reicht von sehr positiv bis neutral. Beim digitalen Tachometer tritt dagegen eine weite Streuung in den Ansichten der verschiedenen Probanden auf, von sehr positiv bis sehr negativ. Wir wollen dies am Beispiel des Items "zweckmäßig" zeigen:

		Einstellung beim Item "zweckmäßig"						
		positiv				negativ		
Item		3	2	1	0	-1	-2	-3
vorher	Analog	14	<u>14</u>	1	3	-	-	-
	Digital	4	10	<u>4</u>	4	5	2	3
nachher	Analog	10	<u>11</u>	8	1	1	1	-
	Digital	8	6	<u>3</u>	2	5	4	4

Neben der oben genannten Analyse der Daten des Medians, die jedes Item gesondert berücksichtigt (über alle Versuchspersonen), wird eine weitere Auswertung vorgenommen:

Für jeden Probanden wird pro Bedingung (analog/digital, vorher/nachher) ein Einstellungs-Gesamtscore ermittelt, indem über alle Items pro Bedingung der Mittelwert gebildet wird.

Mittels t-Test für abhängige Stichproben kann nun pro Versuchsperson die Differenz der Gesamtscores für die verschiedenen Bedingungen verglichen werden. Die Vergleiche führen zu folgenden Ergebnissen:

Bezogen auf die gesamte Stichprobe wird

... der **Analogtacho** vor der Fahrt als signifikant **besser** eingestuft

- als der **Digitaltacho** vor der Fahrt ($p=.000$)

- als der **Digitaltacho** nach der Fahrt ($p=.000$)

- als nach der Fahrt ($p=.031$)

... der **Analogtacho** nach der Fahrt als signifikant **besser** eingestuft

- als der **Digitaltacho** vor der Fahrt ($p=.002$)
- ... der **Analogtacho** nach der Fahrt als signifikant **besser** eingestuft
- als der **Digitaltacho** nach der Fahrt ($p=.012$).

Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich in der Einschätzung des Digitaltachos vor und nach der Fahrt.

Wird die Gesamtstichprobe in zwei Teilstichproben, in jüngere und ältere Probanden (über 50 Jahre) unterteilt, so ergibt die Prüfung der Hypothesen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Jüngeren und Älteren in der Einschätzung

- ... des **Analogtachos** vor der Fahrt,
- ... des **Digitaltachos** vor der Fahrt,
- ... des **Analogtachos** nach der Fahrt,

wohl aber wird der **Digitaltacho** nach der Fahrt von den **Älteren** positiver eingestuft als von den Jüngeren ($p=.047$). Wie die Abbildungen 6.9. und 6.10. anschaulich demonstrieren, die jeweils den Mittelwert des Gesamtscores der Einstellung zeigen, "mittelt" sich dieser Unterschied heraus, wenn die Daten nicht gesondert für jüngere und ältere Probanden ausgewertet werden.

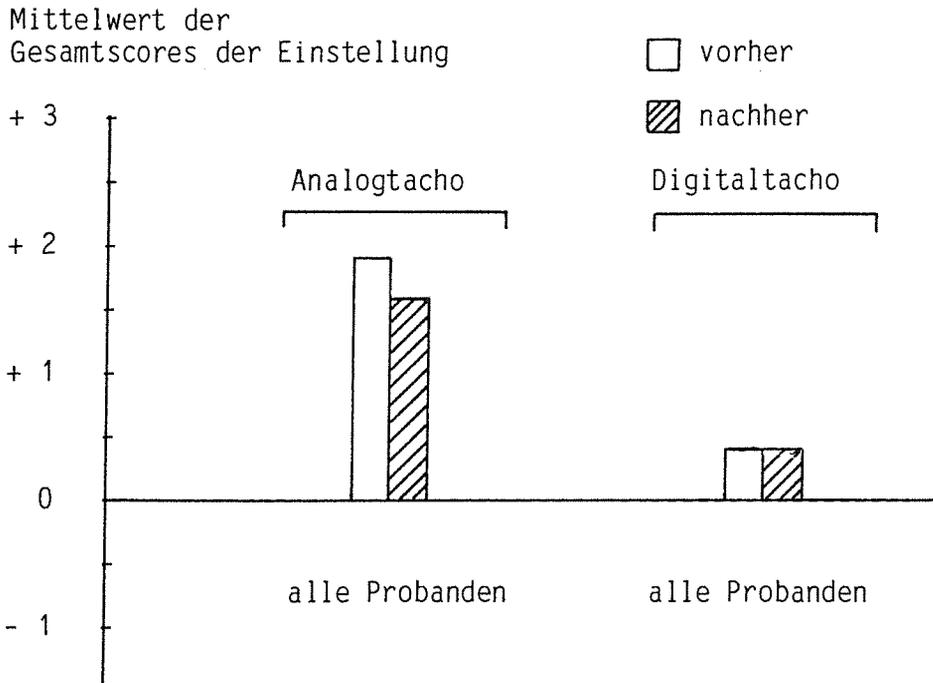


Abb. 6.9: Mittelwerte aus den Gesamtscores der Einstellung zum Analog- bzw. Digitaltacho, vor und nach der Simulatorfahrt

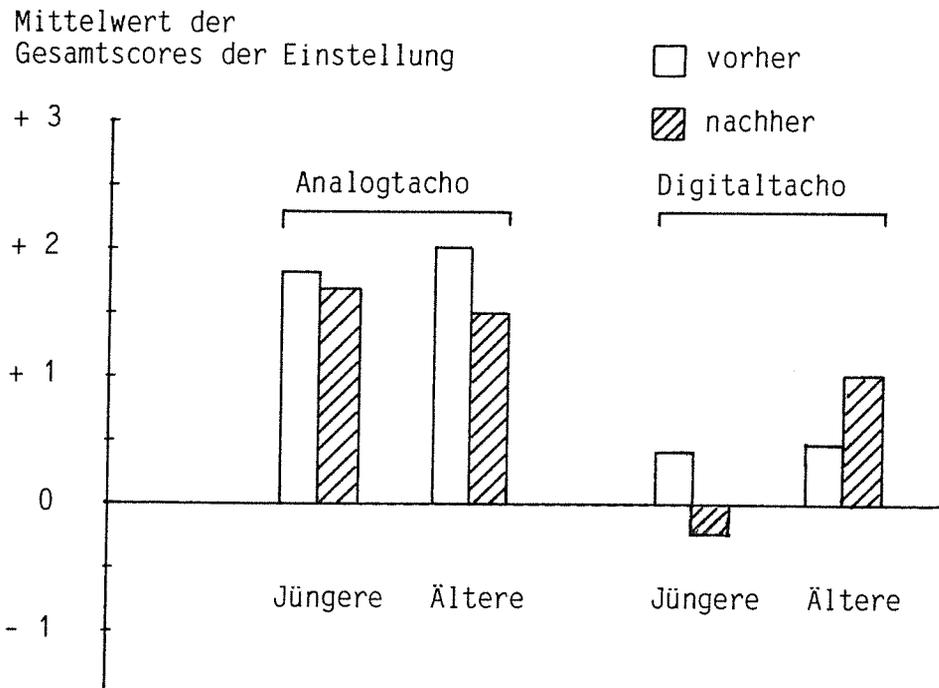


Abb. 6.10: Mittelwerte aus den Gesamtscores der Einstellung zum Analog- bzw. Digitaltacho, vor und nach der Simulatorfahrt

6.9. Vorerfahrung und Meinungen der Personen

Die Befragung der Probanden, die abschließend durchgeführt wird, bringt eine Reihe von interessanten Aufschlüssen:

Vorerfahrung:

Die Frage, ob sie vor diesem Versuch schon einmal ein Fahrzeug mit digitalem Tachometer fahren, beantworteten 97 % der Probanden mit nein. Das bedeutet, daß die Personen während des Versuchs erstmalig Erfahrung mit dem digitalen Tachometer sammeln konnten.

Allerdings benutzt die Hälfte der Probanden andere Geräte (z.B. Uhr, Wecker, Radio) mit Digitalanzeige.

Neuanschaffung:

Im Falle einer Neuanschaffung würden sich zwei Drittel der Probanden für ein Fahrzeug mit analogem Tachometer entscheiden (sonst gleiches Fahrzeug, gleicher Preis). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Irrtumswahrscheinlichkeit: 5%).

Müßte für den Wunsch-Tacho ein Aufpreis bezahlt werden, so würden 19 % der Personen, die den analogen Tacho favorisieren, mehr Geld ausgeben (zwischen 100 und 1000,-- DM).

Von den 32 Prozent, die sich für den Digitaltacho entscheiden würden, wäre die Hälfte bereit, einen Aufpreis von durchschnittlich DM 130,-- DM (Streuung: 60,-- DM) zu akzeptieren.

Differenzierte Einschätzung:

Hintergrund der nächsten Frage ist, in Erfahrung zu bringen, ob die Probanden eine Tachoform global befürworten oder ablehnen, oder ob ihr Urteil, je nach Fahrsituation, differenziert ist. Wir baten daher die Versuchspersonen, einzuschätzen, ob ihrer Meinung nach eine Tachoform in manchen Situationen besser ist als die andere und stellten drei Alternativen zur Wahl: Analogtacho besser, Digitaltacho besser, beide gleich gut. Tabelle 6.13. zeigt die Daten:

Ort	Geschw.	Tag			Nacht		
		Analog	Digital	Summe	Analog	Digital	Summe
Stadt	30 km/h	13	12	25	8	20	28
Stadt	50 km/h	17	8	25	12	16	28
Landstraße		16	7	23	11	17	28
Autobahn		18	6	24	12	13	25

Tab. 6.13: In welcher Situation, bei welcher Geschwindigkeit, zu welcher Tageszeit wird der analoge bzw. der digitale Tacho präferiert? (Kategorie "beide gleich gut" nicht erfaßt)

Ein statistischer Vergleich (Chi^2 -Test) ergibt:

Signifikant mehr Personen würden ein digitales Tachometer bevorzugen, wenn die Geschwindigkeit nachts innerorts auf 30 km/h begrenzt ist (Irrtumswahrscheinlichkeit: 5%).

Dagegen wird tagsüber auf der Autobahn das analoge Tachometer bevorzugt (Irrtumswahrscheinlichkeit: 5%).

Bei einer Begrenzung auf 30 km/h wollen die Fahrer offensichtlich an die Grenze des Erlaubten fahren und erhoffen sich vom Digitaltacho hierzu exaktere Informationen. Bei Fahrten auf der Autobahn genügt ihnen hingegen eine Orientierung über die aktuelle Geschwindigkeit. Die Präferenzen stehen im Einklang mit der Einschätzung der subjektiven Wichtigkeit des Tachometers (ohne Berücksichtigung der Art des Tachometers).

Tachometer subjektiv wichtig:

Die Frage lautet, in welcher Situation das Tachometer für die Probanden wichtig ist. Hierzu werden verschiedene Situationen gedanklich vorgegeben, die jeweils mit "wichtig" oder "unwichtig" bezüglich des Tachos eingeschätzt werden müssen. Ein Chi^2 -Test setzt die Häufigkeit der Nennungen zueinander in Beziehung.

Polizei in Sicht	Tacho sehr wichtig (.001)
will bestimmte Geschw. einhalten	Tacho sehr wichtig (.001)
Gerade Autobahn verlassen, Ausfahrspur	Tacho wichtig (.05)
Bergab fahren	n.sig.
Gerade in die Autobahn eingefahren	n.sig.
schalten nötig	Tacho unwichtig (.05)

Tab. 6.14: Situation, in denen Tachometer wichtig ist

Am wichtigsten ist den Probanden somit die Information des Tachometers, wenn sie, ehe das "Auge des Gesetzes" sie erfaßt, prüfen müssen, ob ihr Fahrverhalten mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit übereinstimmt. Erst an zweiter Stelle rangiert der Wunsch nach Selbstkontrolle bezüglich eingehaltener Geschwindigkeit.

Geschwindigkeitsbegrenzung, subjektiv:

Die Frage: "Wie genau nehmen Sie eine Geschwindigkeitsbegrenzung normalerweise?" brachte interessante Aufschlüsse:

Vorgeschriebene Geschwindigkeit	subjektiver Toleranzbereich	akzeptierte Überschreitung
30 km/h	29 - 38 km/h	8 km
50 km/h	48 - 60 km/h	10 km
80 km/h	78 - 91 km/h	11 km
100 km/h	96 - 111 km/h	11 km
130 km/h	128 - 138 km/h	8 km

Tab. 6.15: Subjektive Toleranzen bei der Geschwindigkeit

Die subjektive Toleranz um eine Sollgeschwindigkeit ist, wie die Tabelle zeigt, nicht symmetrisch: sie ist nach unten geringer als nach oben. Besonders aussagekräftig erscheint die letzte Spalte: die akzeptierte Geschwindigkeitsüberschreitung ändert sich kaum mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit, sie liegt bei einem Wert vom 10 km/h, gleichgültig, ob nun 30 oder 130 km/h angezeigt sind. Die häufig zitierten 10%, die Fahrer und Polizei tolerieren, werden nach dieser Selbsteinschätzung nicht eingehalten. Dies kann daran liegen, daß die Fahrer die Faustregel falsch erinnern, oder daß sie nicht in der Lage sind, 10% einer bestimmten Geschwindigkeit schnell zu errechnen.

45 Prozent der Probanden geben an, größere Abweichungen als die eben angegebene akzeptierte Überschreitung in Kauf zu nehmen, wenn sie es **eilig** haben.

Abschätzung der Geschwindigkeit:

61 Prozent der Probanden vertreten die Meinung, mit dem analogen Tachometer besser abschätzen zu können, wie schnell sie fahren (26 % mit dem digitalen, 13 % mit beiden gleich gut). Dieser Unterschied ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % hoch signifikant (Chi^2 -Test).

Subjektiver Aufforderungscharakter des Tachos:

Auf die Frage: "Auf welche Anzeige würden Sie vermutlich öfter einen Blick werfen?" antworten

48 %: auf den digitalen Tacho

42 %: auf beide gleich oft

10 %: auf den analogen Tacho.

Die Daten der subjektiven Einschätzung stimmen mit den objektiven Werten überein. Das digitale Tachometer führte zu häufigeren Blickzuwendungen als das analoge.

6.10. Zusammenfassende Bewertung

Der globale Vergleich der Blickabwendungen bei Analog- bzw. Digitaltachometer (ohne Berücksichtigung des Verkehrsumfelds) erbringt **signifikant häufigere Blickabwendungen vom Verkehrsgeschehen beim Digitaltacho.**

Eine Aufschlüsselung der Daten nach den Verkehrsbedingungen Stadt versus Autobahn ermöglicht es, dieses Ergebnis nochmals zu spezifizieren: Die **häufigere Blickabwendung** beim **Digitaltacho** erfolgt durchgängig, d.h. ohne Berücksichtigung der Nebenbedingung "Bordcomputer", auf der **Autobahn**. Der (physiologisch bedingte) Orientierungsreflex, ausgelöst durch den schnellen Ziffern-Wechsel des Digitaltachos, wirkt sich im reizärmeren Verkehrsumfeld "Autobahn" stärker aus. Hingegen führt die starke Fokussierung der Aufmerksamkeit im Innerortsverkehr zu einer Verengung des nutzbaren Sehfeldes, die sich offensichtlich in der Reduktion spontaner Blicke äußert, obwohl die Peripherie der Netzhaut durch Helligkeitssprünge des digitalen Tachos weiterhin gereizt wird. Sind keine weiteren (digitalen) Anzeigen vorhanden, so zieht der Digitaltacho **im Stadtverkehr** den Blick des Fahrers nicht häufiger auf sich als der Analogtacho.

Die **Blickdauer**, über den gesamten Versuch betrachtet (Summe aller Blicke, multipliziert mit ihrer jeweiligen Dauer), zeigt **keine signifikanten Unterschiede zwischen Digital- und Analogtacho.**

Werden die Ergebnisse allerdings untergliedert in Autobahn- und Stadtverkehr, so ergibt sich unter der Bedingung "**Stadtverkehr**" beim **analogen Tachometer** eine längere **Blickdauer**. Dieses Ergebnis ist leicht verständlich, wird die durchschnittliche Dauer eines Blickes in die Interpretation mit einbezogen: Da Blicke auf den Digitaltacho insgesamt häufiger und kürzer, auf den Analogtacho seltener und länger erfolgen, gleichen sich die absoluten Werte für die Blickdauer einander an, denn die Gesamtblickdauer errechnet sich aus der Anzahl der Blicke, multipliziert mit ihrer jeweiligen Dauer.

Vergleicht man die **durchschnittliche Dauer eines Blicks** (Quotient von Blickdauer und Blickhäufigkeit) auf das Display, so sind die Werte beim **Digitaltacho** unter allen Bedingungen (Stadt und Autobahn) **signifikant kürzer.**

Im Mittel dauert ein Blick auf den Analogtacho 0,1 Sekunde länger als auf den Digitaltacho.

Der Analogtacho führt also zu selteneren und längeren, der Digitaltacho zu häufigeren und kürzeren Blicken. Was ist nun im Hinblick auf die Verkehrssicherheit günstiger?

Prinzipiell sind kürzere Blicke den längeren vorzuziehen, doch sind längere Blicke, die sich von den kürzeren in einer Größenordnung von ca. 100 msec (vgl. 6.8.1.) unterscheiden, dann **nicht problematisch**, wenn die **Selbststeuerung des Fahrers** hinzu kommt: Der Fahrer sollte den Tacho dann ablesen, wenn er es für angebracht, erforderlich und vertretbar hält, und nicht zu zufälligen Zeitpunkten, z.B. wenn ein Helligkeitssprung der Anzeige seine periphere Aufmerksamkeit erregt. Dies spricht nicht generell gegen digitale Anzeigen, doch sollten sie vornehmlich für die Übermittlung von Informationen eingesetzt werden, die die Aufmerksamkeit des Fahrers von sich aus anziehen müssen (z.B. Warnungen).

Wird die **Person** als Einflußgröße betrachtet, so ist zunächst der Unterschied zwischen älteren und jüngeren Fahrern interessant. Entgegen einer häufig geäußerten Vermutung unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht in ihrer Fahrleistung. Auch profitieren ältere Kraftfahrer nicht von der besseren Lesbarkeit des digitalen Tachometers. Anders lautende Ergebnisse aus der Literatur sind offensichtlich bedingt durch die Art der Aufgabenstellung, die dort vorsieht, einen exakten Geschwindigkeitswert anzugeben. Wird die (aus der Sicht der Verkehrssicherheit einzig relevante) Frage nach einem Geschwindigkeits**bereich** gestellt, innerhalb dessen sich die Person bewegen sollte, so sind die beiden Tachoarten für ältere Fahrer gleich gut lesbar.

Mit Blick auf die künftig steigende Anzahl älterer Kraftfahrer müssen jedoch die Mindestschriftgrößen für Bordcomputerfunktionen oder andere alphanumerische Zeichen erhöht werden.

Die Einstellung zum analogen Tachometer ist wesentlich positiver als zum digitalen: der Einstellungs-Median (Skala von +3 bis -3) liegt bei +3 und +2 vor dem Versuch, und bei +2 nach dem Versuch. Der Digitaltacho

erreicht nur Werte zwischen 0 und +1, nach dem Versuch wird er sogar als "ablenkend" (Wert -1) bezeichnet.

Die Einstellung zu digitalen bzw. analogen Instrumenten verändert sich durch die konkrete Erfahrung: Nach dem Versuch wird der digitale Tacho von den älteren Personen positiver als vor der Fahrt eingestuft, kommt aber in der Wertung noch nicht an das analoge Tachometer heran (vgl. Abb. 6.10). Die bessere Lesbarkeit der großen digitalen Ziffern (obwohl objektiv nicht nachweisbar) führte wahrscheinlich bei den älteren Fahrern zu dieser Einstellungsänderung.

Bemerkenswert ist schließlich noch die **Funktion**, die von den Versuchspersonen dem Tachometer zugeschrieben wird: Es dient in erster Linie dazu, die Geschwindigkeit nicht zu überschreiten (wenn die Polizei in Sicht ist oder bei Selbstkontrolle).

Bei allen Personen besteht die Tendenz, Geschwindigkeitsbegrenzungen möglichst voll auszunutzen. Dies führt dazu, daß die Probanden angeben, die erlaubte Geschwindigkeit in der Regel um 10 km/h zu überschreiten, und zwar unabhängig davon, ob 30 oder 130 km/h gefahren werden. Daher wird bei langsamer Fahrt (Tempo 30 innerorts) der digitale Tacho bevorzugt. Auf Autobahnen genügt den Fahrern hingegen eine Orientierung über die Geschwindigkeit, die - nach Meinung der Versuchsteilnehmer - durch einen analogen Tacho besser vermittelt werden kann.

7. Untersuchung zu Multifunktionsdisplays

7.1. Zielsetzung und grundsätzliche Überlegungen

Neue Technologien bieten ein breit gefächertes Spektrum von Möglichkeiten: ein Anzeigenelement kann, wie bisher üblich, stetig an der selben Stelle der Armaturentafel dargeboten werden, doch ist auch die Möglichkeit, das Display teilweise oder vollkommen flexibel zu gestalten, in greifbare Nähe gerückt. Es könnte nun beispielsweise den Wünschen des Fahrers entsprechend, oder auch nach technischen, situativen oder verkehrsbedingten Erfordernissen umgestaltet werden, sogar während der Fahrt. Diese Flexibilität bietet völlig neue Darstellungsmöglichkeiten, die jedoch im Hinblick auf die Verkehrssicherheit erst überprüft werden müssen. Das Kriterium der **Verlässlichkeit** gewinnt besonderes Gewicht: Muß beispielsweise ein wichtiges und häufig benutztes Anzeigeelement, wie das Tachometer, immer in derselben Position angebracht sein, oder kann es, etwa zu Gunsten einer wichtigen Warnung, sozusagen zur Seite rücken? Führt es beispielsweise zu Irritationen, wenn Elemente, die wir gewohnt sind, auf der Armaturentafel vorzufinden (etwa die Benzinanzeige), plötzlich "fehlen", d.h. nur noch virtuell, für den Fahrer momentan nicht sichtbar, vorhanden sind? Oder generell formuliert: In wie weit muß ein Armaturenfeld verlässlich, in wie weit darf es flexibel sein? Welche Auswirkungen hat die Variabilität auf den Fahrer?

Ein zweiter Gesichtspunkt, dem theoretischen Überlegungen zufolge besonderes Gewicht zuzumessen ist, ist die **gute Gestalt** eines Displays (ausführlich hierzu: FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 3.12. Gestaltwahrnehmung). Was bedeutet "gute Gestalt" in diesem Zusammenhang?

- Einzelne Teile, etwa das Tachometer, die Wegleitungsanzeige, die Benzinanzeige, weisen eine typische, die Informationsvermittlung erleichternde Gestalt auf.

- Die Anzeigen sind klar voneinander abgehoben, ihre Ränder fließen nicht ineinander. Zwischen den Anzeigen besteht ein deutlicher Abstand.
- Eine einzelne Anzeige stellt eine in sich abgeschlossene Figur dar. Die Figur wird abgeschlossen z.B. durch eine Linie, eine Reihe von Punkten oder durch farbliche Abhebung der Anzeige.
- Die Ausführung eines Elements ist prägnant, d.h. es ist regelmäßig, symmetrisch, in sich geschlossen, ausgeglichen, einfach und knapp.

Es ist denkbar, daß sich diese beiden Gesichtspunkte, **Verläßlichkeit** und **gute Gestalt**, gegenseitig beeinflussen, etwa in dem Sinne, daß gute Gestalt reduzierte Verläßlichkeit auszugleichen vermag.

Zu allen genannten Überlegungen sind noch keine empirischen Untersuchungen bekannt - mit dem Versuch "Multifunktionsdisplays" wird ein erster Schritt unternommen, die Auswirkungen verschiedener Displays, die nach den o.g. Kriterien variieren, zu analysieren. 3 Variationen, die in Abschnitt 7.3. näher beschrieben sind, werden verglichen:

- ein **gut gestaltetes Display** mit eher **geringer Informationsmenge**, bei dem jedes Element auf seiner Position bleibt (A);
- ein **variables Display**, das die jeweils **wichtigste Information in der Mitte** der Armaturentafel darbietet und nach den Gesetzen der **guten Gestalt** konstruiert ist (B);
- ein Display, bei dem **jedes Element an seiner Position** bleibt (Kriterium der Verläßlichkeit), und relativ **viel Information** bietet, die aber **nicht nach den Gestaltgesetzen** aufbereitet ist (C).

7.2. Hypothesen

H₁ Vergleich dreier Displayversionen:

Entsprechend den formulierten Kriterien **Verläßlichkeit** und **gute Gestalt** ist Display A, bei dem die beiden Kriterien positiv ausgeprägt sind, den Display-Versionen B und C überlegen.

Da das Kriterium der guten Gestalt bedeutender als das Kriterium der Verläßlichkeit ist, muß Display B (gut gestaltet, wenig verläßlich) günstigere Ergebnisse zeigen als Display C (schlecht gestaltet, verläßlich).

H₂ Auswirkung des Alters:

Gemäß den in FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 4.8. referierten Untersuchungen anderer Autoren ist zu erwarten, daß die ältere Personen im Vergleich zu Jüngeren zwar schlechtere motorische Leistungen zeigen, bezüglich der Displays jedoch keine Unterschiede auftreten.

Begründung: eine Erhöhung des Informationsgehalts bei Älteren geht nicht gleichzeitig mit dem Ansteigen der Fehlerzahl einher, ihre Reaktionszeit bei verbalen Reaktionen ist nicht signifikant länger als bei Jüngeren.

H₃ A priori-Einstellung der Versuchsteilnehmer:

Die Displays A, B und C unterscheiden sich in der Beurteilung durch die Versuchsteilnehmer.

7.3. Experimentelles Design

7.3.1. Versuchsdesign

Für die eingangs angeführten Kriterien Verlässlichkeit und gute Gestalt sind die verschiedensten graduellen Unterschiede denkbar.

Aus Gründen der Ökonomie unterziehen wir drei Versionen, die aus theoretischer Sicht extreme Positionen einnehmen, einem Vergleich:

Kriterium	Verlässlichkeit	
	hoch	niedrig
Gestalt gut	Display A verlässlich mit guter Gestalt	Display B variabel mit guter Gestalt
Gestalt schlecht	Display C verlässlich, nicht nach Gestaltge- setzen gegliedert	---

Tab. 7.1: Versuchsdesign

Display A - das verlässlich und gut gestaltete Display:

Die besonderen Merkmale des Displays A sind:

1. Hohe Verlässlichkeit
2. Gute Gestalt.

Die Anzeigen treten immer an derselben Position auf und entsprechen den Kriterien guter Gestalt im Sinne der "Gestaltgesetze". Das Display versucht, auf geringem Raum ein "durchschnittliches Maximum" zu bieten, wobei es mehreren Grundsätzen folgt:

- Das Display enthält wenig Elemente:
Ständig sichtbar sind nur das Tachometer und die Zustandsanzeige für Treibstoff, in Umrissen die Piktogramme für Blinker (Position: unter dem Tachometer), Warnblinkanlage, Handbremse, Fernlicht, Nebelscheinwerfer und Nebelrückleuchte. Sie werden nur bei Bedarf aktiviert. Wegleitsystem, Schriftfeld des Bordcomputers und Warnfeld befinden sich in fixen Positionen und treten nur in Aktion, wenn sie in der momentanen Situation bedeutend sind.
- Das Display ist klar gestaltet, die einzelnen Elemente sind deutlich voneinander abgegrenzt, ihre Gestalt ist spezifisch.

Abbildung 7.1. zeigt Display A. Das Tachometer, als wichtigstes Anzeigeelement, ist in der Mitte postiert (aus Fahrersicht) und in analoger Form ausgeführt. Sein Durchmesser beträgt 10 cm, d.h. es füllt nahezu den gesamten Mittelbereich aus (Gesamthöhe des Displays 11,5 cm).

Links neben dem Tachometer ist die Zustandsanzeige für Treibstoff, darüber, in exponierter Position, ein Warnfeld (50 x 48 mm), das dazu gedacht ist, extreme Fahrzeugzustände anzuzeigen (Ölmangel, Batterieladung zu gering, Treibstoff auf Reserve). Am linken Rand sind die Anzeigen für Warnblinkanlage, Handbremse, Fernlicht, Nebelscheinwerfer, Nebelrückleuchte in Piktogramm-Form angebracht (15 x 28 mm jeweils).

Rechts vom Zentrum befindet sich ein Wegleitsystem in Form einer stilisierten Rosette, das den Fahrer durch Zeigerstellung informiert, wie er sich an der nächsten Kreuzung verhalten soll (z.B. Zeigerstellung "3-Uhr": rechts abbiegen). Die stilisierte Rosette (Durchmesser: 5 cm) und das ebenfalls zur Wegleitung gehörende Schriftfeld (es zeigt die Entfernung des Ziels und seinen Namen, es mißt 40 x 60 mm) wird nur im Bedarfsfalle sichtbar.

An der rechten Seite ist das einzeilige Schriftfeld des Bordcomputers (18 x 120 mm). Hier wird beispielsweise der Radiosender (z.B. "SWF 3") oder die Uhrzeit eingeblendet.

Bei der Konzeption des Displays wurden die a.a.O., 1987, Kap. 5.1. dargestellten Gestaltungsgrundsätze, etwa für Skalenform, Zeigerform, Beschriftung, Ziffernformen, Farben der Beschriftung, Farbe und Hintergrund, berücksichtigt und auf gute Sichtbarkeit aller Elemente in den verschiedensten Sitzpositionen des Fahrers geachtet.

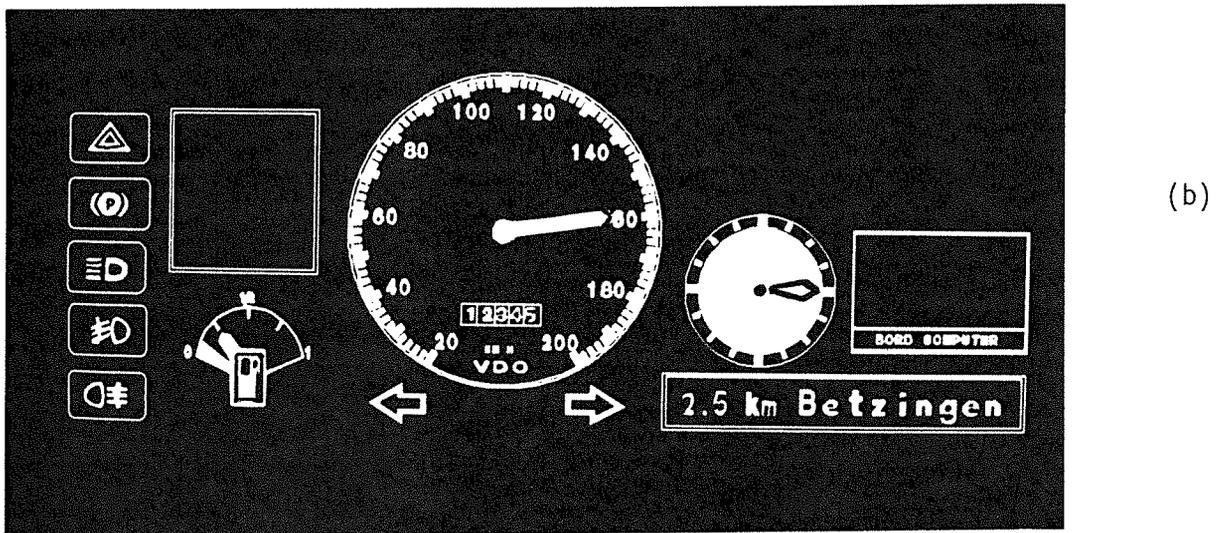
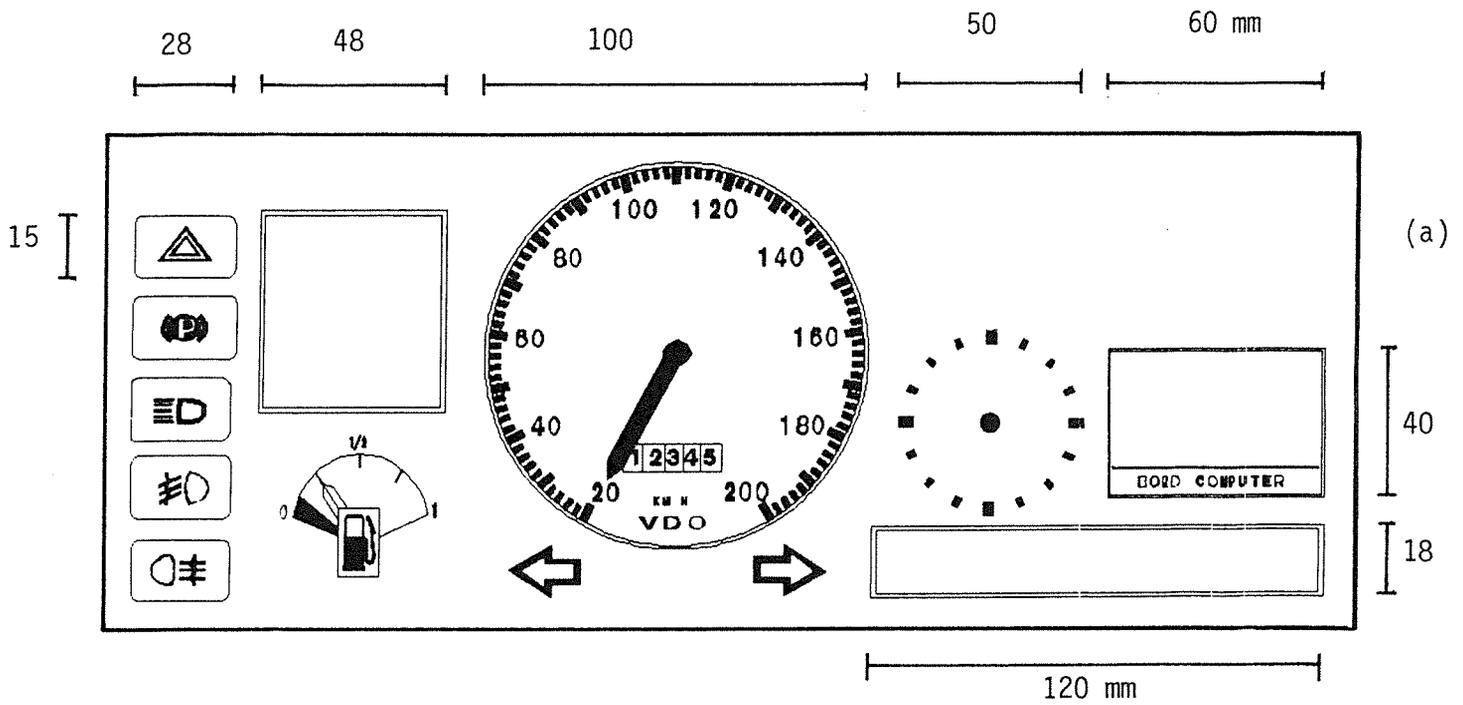


Abb. 7.1: Display A

(a) Schema der Normalversion von Display A

(b) Foto von Display A mit aktivierter Wegleitung (die nicht aktiven Felder sind nur schwach angedeutet)

Display B - das "Variable":

Die besonderen Merkmale des Display B sind:

1. Gute Gestalt
2. Hohe Flexibilität.

Die Anzeigen treten teilweise an verschiedenen Positionen auf, wobei das entscheidende Kriterium nun nicht mehr die hohe Zuverlässigkeit ist, sondern die **momentan wichtigste Information ins Zentrum rückt**. Es handelt sich also um ein Display, das versucht,

- entsprechend den Wünschen des Benutzers ein Optimum zu bieten (wünscht er beispielsweise Wegleitung, erscheint sie im Zentrum, während das Tachometer zur Seite rückt),
- wichtige Informationen über den Zustand des Fahrzeugs (z.B. Ölmangel) sicher zu vermitteln, indem sie groß und deutlich in der Mitte der Armaturentafel erscheinen.

Grundsätze:

- Die Position des jeweils wichtigsten Elements ist in der Mitte (aus Fahrersicht).
- Das Display geht "sparsam" mit Information um, d.h. es sind nur wenige Elemente sichtbar.
- Das Display ist klar gestaltet.
- Jedes Einzelelement weist eine typische Gestalt auf:
 - Tacho = groß und rund, analoge Ausführung, wie in Display A
 - Wegleitung = kleinerer Kreis, in Kombination mit einem Schriftfeld, wie in Display A
 - Drehzahl = Polygonzug, Lichtsegment als "Zeiger"
 - Bordcomputer = großes, rechteckiges Feld
 - Warnung = Piktogramm, je nach Bedeutung der Warnung variieren Größe und Farbe (Rot bedeutet "Gefahr", daher Ölwarnung mit rotem Hintergrund, gelbem Symbol; Gelb bedeutet "Achtung", daher Batterieladezustands-Warnung in gelber Farbe und blauem Hintergrund, a.a.O., 1987 S. 126f, Farbkodierung S.146f)

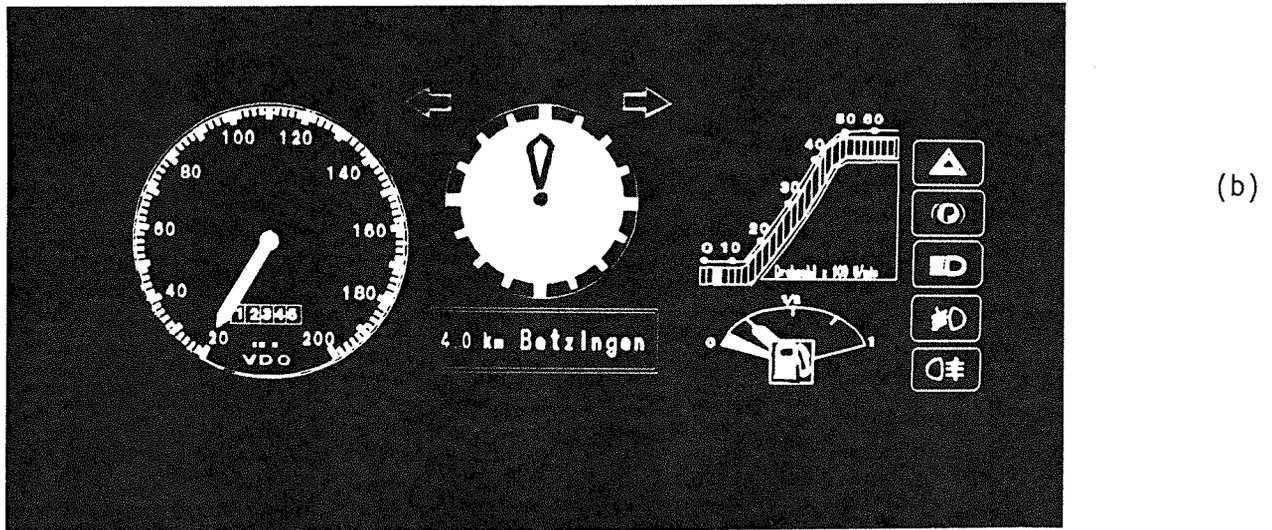
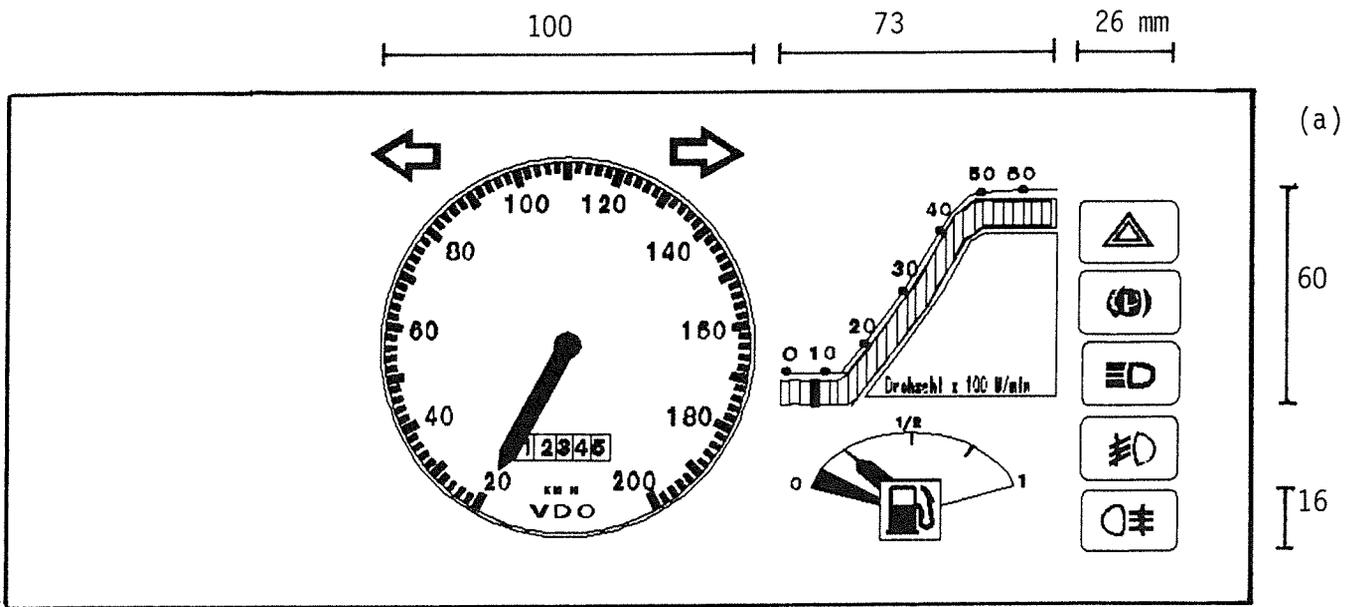
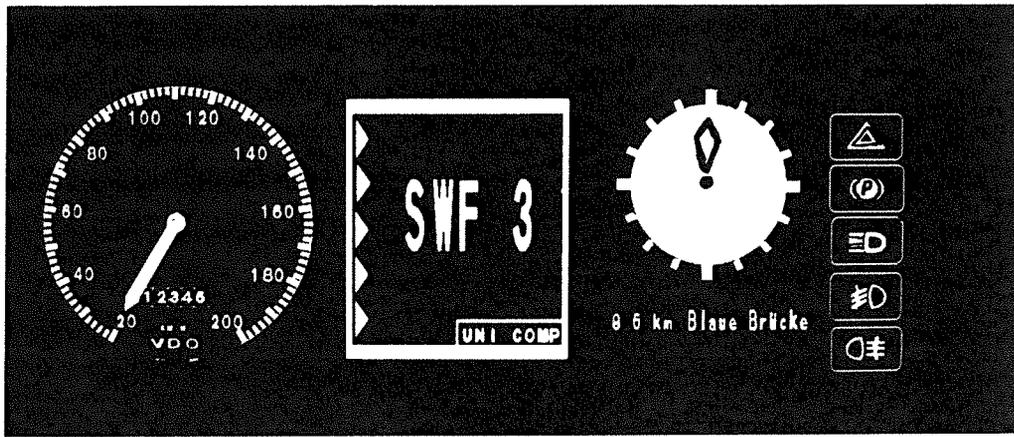
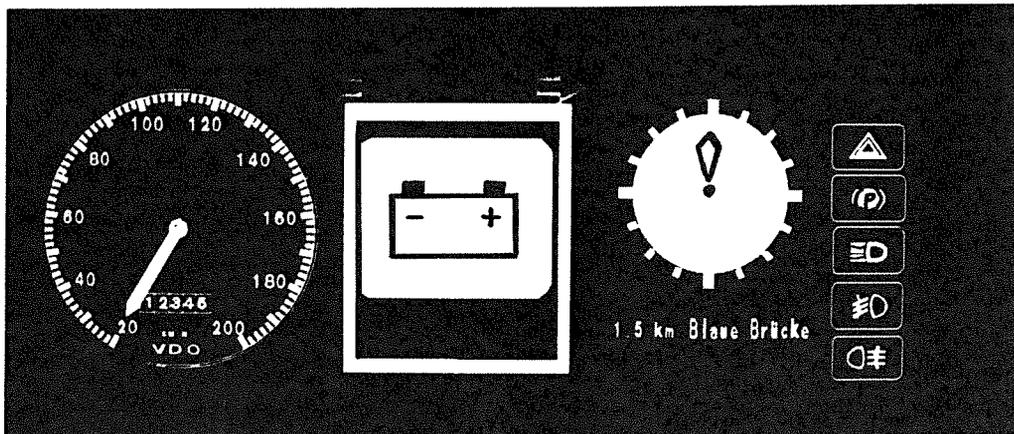


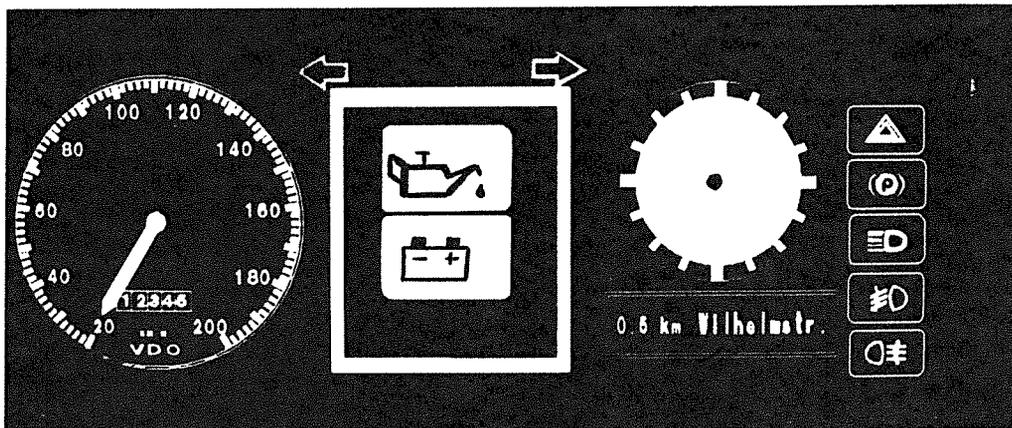
Abb. 7.2: Variationen von Display B während des Versuchs
 (a) Schema der Normalversion: Tacho und Anzeigenfeld mit Drehzahlmesser und Treibstoffanzeige
 (b) Wegleitung im Zentrum, Tacho links, Anzeigenfeld mit Drehzahlmesser und Treibstoffanzeige rechts
 -->



(c)



(d)



(e)

- Variationen von Display B während des Versuchs
- (c) Bordcomputer im Zentrum (Textfeld), Tacho links, Wegleitung rechts
 - (d) Warnfeld im Zentrum (Batterieladezustand), sonst wie (c)
 - (e) Warnfeld im Zentrum (Ölwarnung, Batterieladezustand), Wegleitung rechts, Tacho links

Abbildung 7.2(a) zeigt die Grundversion von Display B mit zentralem Tachometer, Anzeigenfeld (enthält die Zustandsanzeigen Drehzahlmesser und Treibstoff, mißt 60 x 73 mm) und Piktogrammen (Warnblinkanlage, Handbremse, Fernlicht, Nebelscheinwerfer, Nebelrückleuchte). In Abbildung 7.2(b) bis (e) sind die verschiedenen Variationen, die Display B während unseres Versuchs annimmt, dargestellt.

Display C - "Das Informationsreiche"

Die besonderen Merkmale des Displays C sind:

1. Hohe Verlässlichkeit
2. Schlechte Gestalt
3. Viel Information
4. Redundanz.

Die Anzeigen treten zuverlässig an derselben Position auf, entsprechen aber **nicht** den Kriterien guter Gestalt im Sinne der "Gestaltgesetze". Regeln guter Gestalt, wie Einfachheit und Klarheit, gute Gliederung, Geschlossenheit, etc. werden verletzt. Vorteil dieses Displays ist es, viel Information zu bieten, teilweise sogar den gleichen Informationsaspekt in verschiedenen Darstellungsformen (Treibstoffvorrat, Geschwindigkeitsanzeige), die Information wird redundant. Der Fahrer kann damit wahlweise einen groben Eindruck, oder die exakte Information über bestimmte Meßwerte gewinnen.

Display C folgt den Gestaltungskriterien:

- keine gute Gestalt im Sinne der Gestalttheorie
- keine gute "Maske"
- wenig Struktur bei der Anordnung der Einzelteile (optimale Ausnutzung des vorhandenen Raums)
- horizontale und vertikale Skalen (hohe Fehlerquote beim Ablesen, vgl. a.a.O., 1987, S.90f)
- viel Information (vgl. a.a.O., 1987, S.152f)

- den gleichen Informationsaspekt in verschiedenen Darstellungsweisen
- viele und filigran gestaltete Zeichen und Symbole
- Schriftgröße gering (vgl. a.a.O., 1987, S.120f)
- Schrift und Ziffern in 7-Segment-Schrift (vgl. a.a.O., 1987, S.115f)
- Beschriftung der Skalen ungünstig (Treibstoff: 4/4, 3/4, 1/4, L), (Batteriespannung: H, N) (vgl. a.a.O., 1987, S.130f)
- Beschriftung und Texte nur mit Großbuchstaben (vgl. a.a.O., 1987, S.129f)

Abbildung 7.3. zeigt Display C. Ständig sichtbar sind das horizontal ausgeführte Tachometer (7 x 155 mm), mit einer Lichterkette als "Zeiger", sowie seine digitale Entsprechung, wobei die Ziffernhöhe mit ca. 15 mm relativ gering ist. Der Drehzahlmesser ist in Form eines Polygonzuges und das Econometer als horizontale Skala ausgeführt (8 x 40 mm, Lichterkette als "Zeiger").

Der Treibstoffvorrat wird einerseits durch eine horizontal angeordnete Balken-Skala (mit der als ungünstig erwiesenen Beschriftung 4/4, 3/4, 1/4, R, vgl. GREEN, 1984), andererseits durch die digitalen Anzeigen "... L BIS LEER" (17 x 22 mm) und "...KM" (9 x 30 mm) mitgeteilt.

Bei den Zustandsanzeigen für den Ladezustand der Batterie, den Öldruck, die Öltemperatur wurde die unklare Beschriftung "H" bzw. "N" gewählt und die vertikalen Skalen so angeordnet, daß eine spontane Zuordnung von Symbol, Skala und Zeiger erschwert ist (Höhe 35, Breite 20 mm).

Der Bordcomputer gibt die verschiedensten Informationen, wie "AUSSENTEMP. GERING", "RADIO", "SWF 3", "BATTERIE LADEZUSTAND", "FACHWERKSTÄTTE AUF-SUCHEN", "ANHALTEN", ausgeführt in schwer lesbaren Großbuchstaben (Feldgröße 38 x 75 mm, Schrifthöhe 0,7 oder 1,4 mm).

Über den rechten Teil des Displays sind die Piktogramme für Warnblinkanlage, Handbremse, Fernlicht, Nebelscheinwerfer, Nebelrückleuchte, Funktionsstörung der Bremsanlage, Bremsverschleiß, Öl, und Batterie so verteilt, daß der verfügbare Raum des Displays bedeckt wird. Die Umrisse sind immer sichtbar, bei Bedarf leuchtet das entsprechende Symbol auf. Während das Wegleitsystem (mit geradem oder gekröpftem Pfeil) nur in Aktion tritt, wenn es abgerufen wird, sind Digitaluhr (20 x 55 mm), Tripcomputer (Schrifthöhe 6 mm) und Anzeige für den durchschnittlichen Bezin-

verbrauch (9 x 29 mm) immer aktiv.

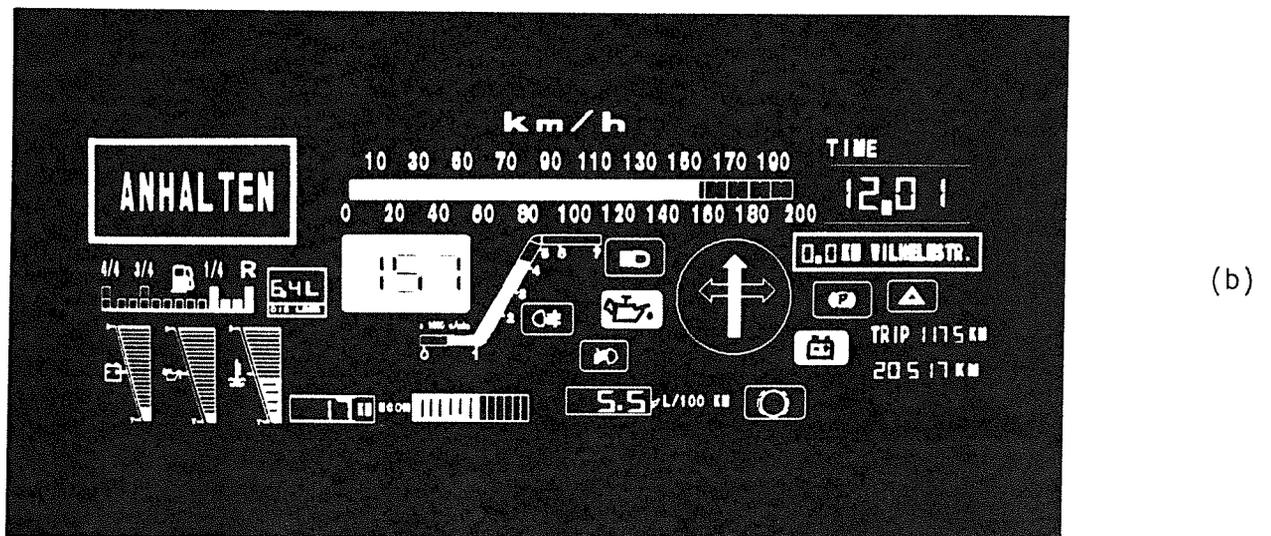
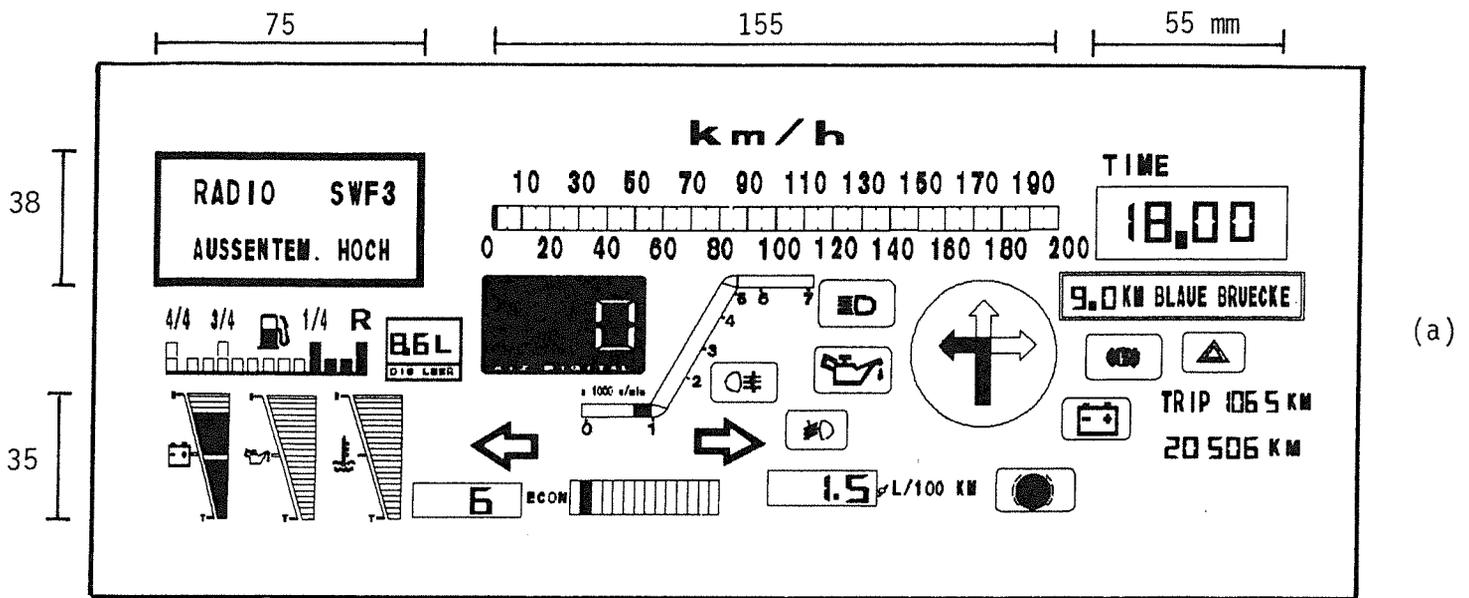


Abb. 7.3: Display C

(a) Schema der Normalversion von Display C

(b) Wegleitung aktiviert, Öl- und Batteriewarning aktiv, deshalb vom Bordcomputer die Information "ANHALTEN"

7.3.2. Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau entspricht dem in 6.5.4. beschriebenen (Experimenteller Vergleich von Analog- und Digitalanzeigen).

7.3.3. Versuchsablauf

Nach ausführlicher Instruktion zur Fahrzeugbedienung und zu den Aufgaben, die während der Fahrt anfallen, führt der Proband eine Versuchsfahrt im Fahr Simulator durch (Einzelversuch). Die Armaturentafel zeigt eine der drei Display-Versionen. Die Aufgaben der Versuchspersonen sind in 7.3.4. beschrieben.

Im Anschluß an die Fahrt wird die Einstellung des Probanden zum eben dargebotenen Display erfaßt (vgl. 7.3.5).

Jeder Proband lernt während der Versuchsfahrt nur eine Display-Version kennen. Um jedoch auch seine Beurteilung der anderen Displays zu ermöglichen, wird ihm ein Videofilm mit den drei Display-Typen A, B und C gezeigt, in dem die Displays erläutert sind. Anschließend wird er um seine Stellungnahme gebeten (siehe 7.3.6)

7.3.4. Aufgaben während der Fahrt

Während der Fahrt im Simulator werden folgende Fragen gestellt:

- o Liegt Ihre Geschwindigkeit im erlaubten Bereich?
- o Nun wird die Wegleitung aktiv. Ihr erstes Ziel ist die Ausfahrt Betzingen. In welcher Entfernung liegt Ihr Fahrtziel? (5 Kilometer)
- o Wie heißt das nächste Ziel? (Blaue Brücke)
- o Welchen Radio-Sender empfangen Sie gerade? (SWF 3)
- o Ist noch genügend Benzin im Tank? (ja)
- o Wie weit sind Sie noch von der Blauen Brücke entfernt? (0,5 Kilometer)

- o Ist mit dem Fahrzeug alles in Ordnung? (nein, Batterie-Warnung)

Vor der Fahrt wird der Proband aufgefordert, sofort mitzuteilen, wenn auf der Armaturentafel ein Defekt angezeigt wird. Es leuchtet die Warnung für Batterie und Öl auf. Falls die Versuchsperson darauf nicht spontan reagiert, stellt der Versuchsleiter folgende Fragen:

- o Was bedeutet die Anzeige? (Batterieladung zu gering)
- o Was würden Sie nun tun, wenn dies eine echte Fahrt wäre? (anhalten, wegen Ölmeldung)

7.3.5. Einstellungsmessung

Zweck dieser Einstellungsmessung ist, die persönliche Meinung des Probanden zu der Armaturentafel, die er eben im Versuch erlebte, zu erfahren. Hilfsmittel der Erhebung ist das "Semantische Differential", das bereits in 6.5.7. vorgestellt wurde.

7.3.6. Vergleich der Displays

Den Versuch dreimal, jeweils mit einem anderen Display, durchzuführen, wäre für die Versuchsperson äußerst beanspruchend. Daher wurde pro Versuchsperson nur eine Fahrt durchgeführt. Um dennoch die Probanden in die Lage zu versetzen, die verschiedenen Display-Versionen vergleichen zu können, drehten wir einen Videofilm, der die Armaturentafeln A, B und C zeigt und erläutert. Im Anschluß an den Versuch sehen die Probanden diesen Film und werden nun gebeten, ihre persönliche Meinung zu äußern. Die Fragen beziehen sich darauf,

- o welche Armaturentafel die Person im Falle eines Fahrzeugneukaufs bevorzugen würde,
- o ob sie dafür mehr bezahlen würde, und wenn ja, wieviel,
- o wie sie die Armaturentafel, die sie im Versuch zur Verfügung hatte, im Vergleich zu den anderen beiden beurteilt.

7.4. Stichprobe und Auswahl der Versuchspersonen

An diesem Versuch nehmen 30 Probanden teil, die per Zeitungsanzeige angeworben werden. Die Hälfte ist über 50 Jahre alt. Bedingungen für die Teilnahme am Versuch sind Berufstätigkeit, eine Fahrerfahrung von mindestens 30.000 km, ein eigenes Fahrzeug, sowie keine Teilnahme an früheren Simulatorfahrten. Um für jedes Display möglichst ähnliche Ausgangsbedingungen zu schaffen, werden die Teilstichproben nach den Kriterien "Geschlecht" und "Alter" der Versuchspersonen parallelisiert.

7.5. Abhängige Variablen

Als abhängige Variablen werden erhoben:

- o Fahrgüte
- o Augenbewegungen
- o Reaktionshäufigkeit und Zeitbedarf bei Fragen
- o Subjektive Bewertung des Versuchsdisplays
- o Vergleich der Displays A, B und C anhand eines Videofilms.

Die Erfassung der Fahrgüte, der Augenbewegungen, der Reaktionshäufigkeit und des Zeitbedarfs bei Fragen verläuft wie im experimentellen Vergleich von Analog- und Digitalanzeigen (vgl. 6.7)

7.6. Ergebnisse

7.6.1. Vergleich zwischen den drei Displays

Hypothese:

Entsprechend den formulierten Kriterien **Verläßlichkeit** und **gute Gestalt** ist Display A, bei dem die beiden Kriterien positiv ausgeprägt sind, den Display-Versionen B und C überlegen.

Da das Kriterium der guten Gestalt bedeutender als das Kriterium der Verläßlichkeit ist, muß Display B (gut gestaltet, wenig verläßlich) günstigere Ergebnisse zeigen als Display C (schlecht gestaltet, verläßlich).

Prüfung:

Die Beobachtungs- und Meßwerte, die unter den drei Versuchsbedingungen (Display A, B, C) gewonnen werden, sind bezüglich der verschiedenen Variablen zu vergleichen (Blickbewegung, Lenkgüte, Bremsreaktion, Reaktionszeiten auf den Blinker, Geschwindigkeitsanpassung, Reaktionshäufigkeit und Zeitbedarf bei Fragen).

Ergebnisse:

Die statistischen Vergleiche mit Hilfe von t- und Chi^2 -Tests ergeben lediglich bei der Variable "Fehler bei Fragen" im Vergleich zwischen Display A und Display C signifikant weniger Fehler bei Display A (verläßliches, gut gestaltetes Display) (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = .05$).

Betrachtet man die Daten, so fallen zwei Aspekte auf:

1. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Reaktionszeiten auf Fragen während des Versuchs sind zwar tendenziell vorhanden (vgl. Tabelle 7.2) - nicht aber statistisch signifikant. Dies geht auf Unterschiede im persönlichen Verarbeitungsstil und auf die relativ kleinen Stichproben zurück.

	A	Display B	C
Reaktionszeit auf Fragen			
- bezüglich Wegleitung	4,08	4,02	5,58
- alle Fragen	4,15	4,53	5,91

Tab. 7.2: Mittelwerte der Reaktionszeiten auf Fragen (in sec)

2. Die Anzahl der Fehler bei Display A, B und C, steigt:

- Display A: 21 Fehler (bei 100 möglichen Antworten)
- Display B: 27 Fehler
- Display C: 39 Fehler,

doch sind die Unterschiede nur zwischen Display A und Display C statistisch signifikant.

Besonders interessant ist hier eine Feinanalyse der Daten (siehe Abbildung 7.4): Bei welchen Fragen während der Fahrt geben die Probanden keine Antwort, bzw. welche Warnung übersehen sie?

Unterschiede zeigen sich bei Fragen zur Wegleitung: Display A schneidet mit 7% Fehlern wesentlich günstiger ab als die anderen beiden Displays (jeweils 30% Fehler). Die Diskrepanz zwischen Display A und B ist zunächst verwunderlich, da beide, von der Form her betrachtet, das gleiche Wegleitsystem benutzen. Allerdings bleibt das Wegleitsystem bei Display A in einer festen Position (rechts vom Tachometer), während es bei Display B zunächst das Tachometer "verdrängt", um seine Position einzunehmen, und später nach rechts rückt, um der Warnung Platz zu machen.

Diese hohe Flexibilität in der Position ist offensichtlich ebenso ungünstig wie die Gruppierung in Display C.

Ein sehr deutlicher Unterschied tritt bei der Reaktion auf Warnanzeigen auf: während bei den Displays A und B die Quote fehlender Antworten bei ca. 30% lag, steigt sie bei Display C auf **85%** an. Zu erklären ist dies einerseits aus der eher geringen Größe der Anzeigen (die den heute üblichen Abmessungen entsprechen), andererseits spielt sicherlich auch die "Unru-

he" des Displays eine Rolle: Ständig bewegen sich die Lichterketten von Tachometer, Drehzahlmesser und Econometer, sowie die Ziffern des Digitaltachos - wen wundert es, sollte das Aufleuchten eines Symboles unbemerkt bleiben? Selbst der Handlungshinweis, den der Bordcomputer per Textausgabe anbietet, ist hier keine Hilfe.

Fehlende
Antworten

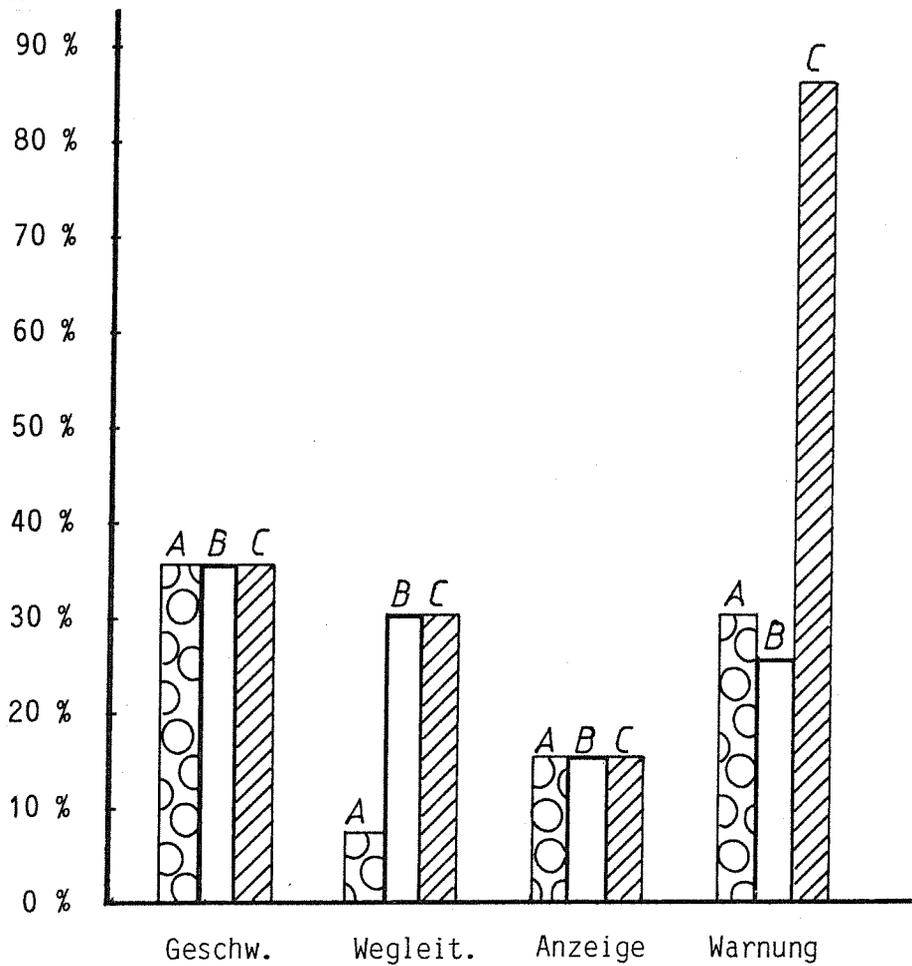


Abb. 7.4: Prozentsatz fehlender Antworten bei Fragen zur
 - Geschwindigkeit
 - Wegleitung
 - Zustandsanzeige
 und bei Warnungen
 für die Displays A, B und C

Zusammenfassend ist festzustellen, daß Display A, das entsprechend den Kriterien **VerläBlichkeit** und **gute Gestalt** konzipiert wurde, gegenüber Display C vorzuziehen ist (signifikant weniger Fehler, Warnung besser erkannt). Eine Entscheidung, welches der beiden Kriterien **gute Gestalt** bzw. **VerläBlichkeit** die ausschlaggebende Rolle spielt, ist auf dieser Datenbasis nicht möglich.

7.6.2. Einfluß der Person - Auswirkung des Alters

Hypothese:

Entsprechend den in FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 4.8. referierten Untersuchungen anderer Autoren ist zu erwarten, daß die älteren Personen im Vergleich zu jüngeren zwar schlechtere motorische Leistungen (hier bezogen auf die Fahrgüte) zeigen, jedoch hinsichtlich der Displays keine Unterschiede auftreten.

Begründung: Bei Älteren geht eine Erhöhung des Informationsgehalts nicht gleichzeitig mit dem Ansteigen der Fehlerzahl einher, ihre Reaktionszeit bei verbalen Reaktionen ist nicht signifikant von der Jüngerer unterschieden.

Prüfung:

Die Altersgruppe der jüngeren Probanden umfaßt 15 Personen im Alter von 19 bis 35 Jahren, die der Älteren ebenfalls 15 Personen, Alter zwischen 50 und 66 Jahre.

Gegenübergestellt werden die Beobachtungs- und Meßwerte, die bei den abhängigen Variablen auftreten, von jüngeren und älteren Versuchsteilnehmern mittels t- bzw. Chi^2 -Test.

Ergebnisse:

Tabelle 7.3. zeigt die signifikanten Ergebnisse:

Variable	Display im Versuch		
	A	B	C
Reaktionszeit auf Fragen	Ältere langsamer $p \leq .05$	n.sig.	Ältere langsamer $p \leq .05$
Fehler bei Fragen	Ältere mehr Fehl. $p \leq .05$	Ältere mehr Fehl. $p \leq .05$	Ältere mehr Fehl. $p \leq .05$

Tab. 7.3: Jüngere versus ältere Versuchspersonen

Die Ergebnisse bestätigen nicht die eingangs geäußerte Hypothese, die auf Untersuchungen anderer Autoren basiert. So sind keine signifikanten Unterschiede bei den motorischen Reaktionen, z.B. beim Bremsen auf das Bremssignal des Vorausfahrenden, festzustellen, wohl aber sind die Reaktionszeiten bei Fragen signifikant länger, ebenso wie verstärkt Fehler (fehlende oder falsche Antworten) bei Fragen zu verzeichnen sind.

Das schlechtere Abschneiden der Älteren bei den Fragen liegt wahrscheinlich an einer anderen Aufmerksamkeitsverteilung zwischen Haupt- und Nebenaufgabe. Ältere Fahrer sind durch die komplexe Mehrfachaufgabe, für die sie noch keine automatisierten Verarbeitungsstrategien ausgebildet haben, stärker beansprucht als jüngere Personen. Sie wählen daher die (richtige) Strategie der Konzentration auf die Fahraufgabe und stellen die Nebenaufgabe zurück. Daher unterscheiden sich ihre Fahrleistungen nicht von denen der jüngeren Kraftfahrer, wohl aber ihre Reaktionen im Zusammenhang mit dem Display.

7.6.3. Einfluß der Person - Einstellung zum Versuchs-Display

Die Einstellung zu den drei Displays kann

- pro Person über alle Einstellungsadjektive hinweg oder
- pro Adjektivpaar über alle Personen bestimmt werden.

Der Gesamtscore über alle Personen gibt einen Eindruck über Gesamtbewertung des Displays. Der Einzelvergleich kann nähere Aufschlüsse über Stärken und Schwächen aus der Sicht der Benutzer liefern. Abbildung 7.5. zeigt zunächst die Gesamteinschätzung jeder Person pro Display.

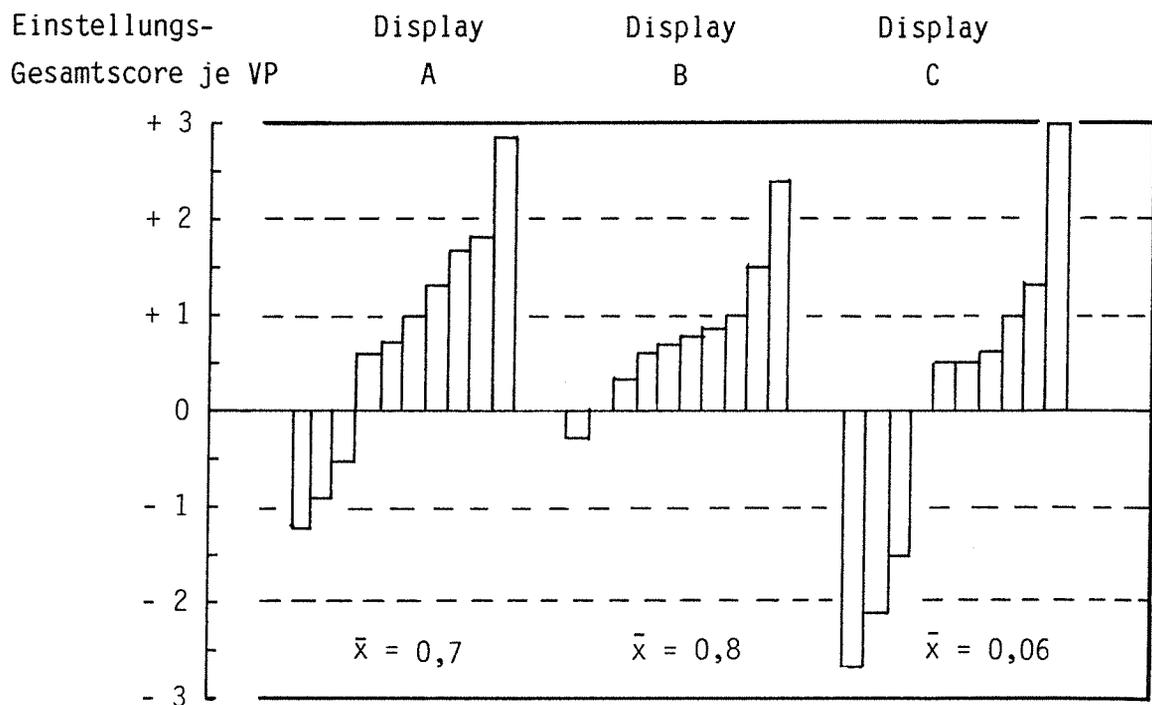


Abb. 7.5: Jeder Balken entspricht dem Einstellungs-Gesamtscore einer Versuchsperson bei Display A, B oder C

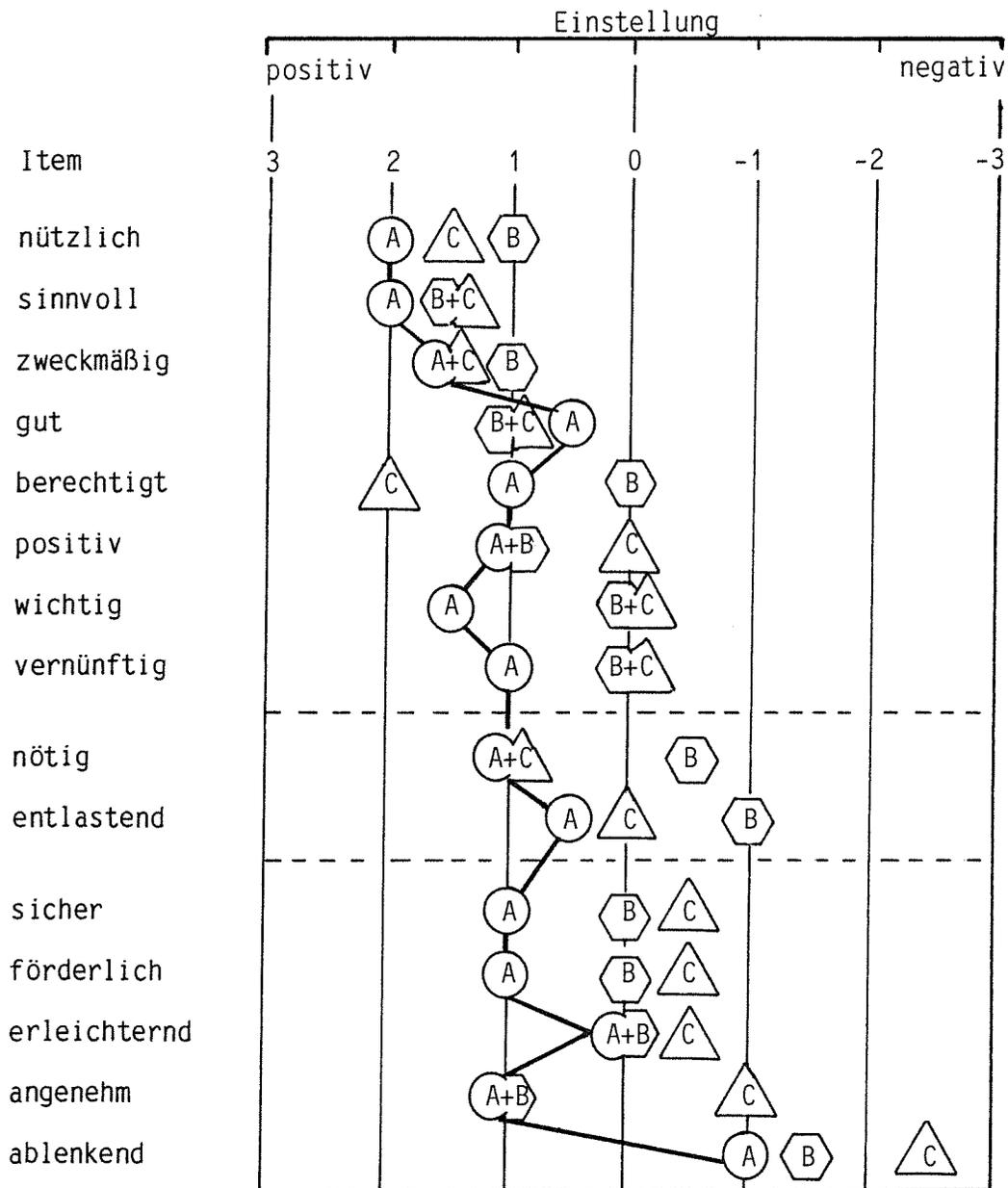


Abb. 7.6: Median der Einstellung
 zu Display A: A
 zu Display B: B
 zu Display C: C

Zur **Prüfung** der **Hypothese**,

die Displays A, B und C unterscheiden sich in der Beurteilung durch die Versuchsteilnehmer, wird über alle Versuchspersonen einer Versuchsbedingung der Median pro Einstellungsadjektiv für Display A, Display B und Display C bestimmt. Abbildung 7.6. zeigt die Werte.

Zur Interpretation der Ergebnisse sollten wir uns die Situation, in der die Probanden den Bogen ausfüllen, vergegenwärtigen: Sie haben soeben eines der Displays (A, B oder C) im Versuch kennengelernt und können somit das Display nur mit Armaturentafeln, die sie bisher genutzt oder gesehen haben (z.B. im eigenen Fahrzeug) vergleichen, nicht aber, wie wir nun, Vergleiche zwischen den von uns konzipierten Display-Versionen herstellen.

Display A, das verlässlich und gut gestaltete, schneidet unter dieser Voraussetzung eindeutig am günstigsten ab: Bis auf zwei Ausnahmen ist der Median hier stets besser (oder gleich gut) als bei den anderen Versionen. Auch beim Adjektiv "ablenkend", bei dem der Einstellungs-Median bei allen Displays in den negativen Bereich abdriftet, liegt es mit der Wertung "etwas ablenkend" noch an günstigster Stelle.

Display C, das "informationsreiche", bildet sozusagen den Gegenpart zu Display A. Zwar wird es als "berechtigt" angesehen, hat aber die meisten Negativ-Einstellungen zu verzeichnen: "etwas unsicher", "etwas hinderlich", "etwas erschwerend", "etwas unangenehm", "sehr ablenkend". Gerade das letztgenannte Adjektiv ist äußerst bedenklich unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit.

Die Rolle von Display B, dem variablen, ist nicht ganz eindeutig: Bei 6 von 15 Adjektiven wird es als besser, bei 5 Adjektiven als schlechter und bei 4 Adjektiven als gleich gut wie Display C eingestuft.

Verglichen mit Display A schneidet Display B in 73 % der Fälle ungünstiger ab (einmal besser beurteilt, dreimal gleich gut).

Bei etwa einem Drittel der Adjektive liegt der Median im neutralen Bereich, d.h., das Display liegt im Meinungsbild der Probanden weder im positiven, noch im negativen Bereich. In drei Fällen liegt der Einstel-

lungs-Median im leicht negativen Bereich: bei "unnötig", "belastend" und "ablenkend".

Zusammenfassend ist folgende Rangreihe aufzustellen:

- o Display A wird positiver beurteilt als Display B.
- o Display A wird positiver beurteilt als Display C.

Die Displays B und C können nicht in eine eindeutige Rangreihe gebracht werden. Weitere Aufschlüsse erbringt der Vergleich der drei Displays, der im Kapitel 7.6.4. dargestellt ist.

7.6.4. Einfluß der Person - Die Displays im subjektiven Vergleich

Nachdem die Probanden den Videofilm, der die drei verschiedenen Armaturentafeln zeigt, gesehen haben, werden sie um verschiedene Vergleiche gebeten. Diese Erhebung subjektiver Meinungen bietet interessante Hinweise, doch kann sie nicht als repräsentative Erhebung gelten (für Laborexperimente genügen kleinere Stichproben als für Umfragen, vgl. Kap. 1.).

Neuanschaffung:

Für den Fall, ein Proband würde sich ein neues Fahrzeug kaufen, für welche Armaturentafel würde er sich entscheiden? Tabelle 7.4. gibt Auskunft:

		Kaufentscheidung für		
		A	B	C
Im Simulator mit Armaturentafel .. gefahren	A	4	6	0
	B	7	3	0
	C	7	3	0
Gesamt in %		18 60%	12 40%	0 -

Tab. 7.4: Kaufentscheidung, in Abhängigkeit von der Erfahrung im Fahrsimulator

1. Im Falle eines Fahrzeugkaufes würde sich die Mehrheit für Display A entscheiden. An zweiter Stelle steht Display B, während Display C als Ladenhüter verstauben würde. Offensichtlich haben die Probanden intuitiv erfaßt, daß es sich hier um ein Negativbeispiel einer Armaturentafel handelt.
2. Was an den Rohdaten aus Tabelle 7.4. auffällt, ist der Umstand, daß mehr Personen ein anderes Display, als das eben im Fahrsimulator kennengelernte, kaufen würden.

Statistisch betrachtet sind die Präferenzen zwischen den Armaturentafeln A und B nicht signifikant, insgesamt jedoch hochsignifikant zwischen A und C, sowie zwischen B und C (Chi²-Test, $p \leq .01$).

Mehrpriis:

Von den 18 Personen, die sich für Display A entscheiden, würden 8 (= 44 %) einen höheren Preis für ihr Wunschdisplay akzeptieren, im Durchschnitt 590,-- DM (Streuung 524,-- DM).

58 % der Personen, die Display B präferieren, wären bereit, einen Mehrpreis zu bezahlen, durchschnittlich 330,-- DM (Streuung 148,-- DM).

Je komplexer das Display, das die Versuchsperson bei der Fahrt erlebte, desto mehr Geld ist sie bereit zu bezahlen, um ihr Wunschdisplay zu bekommen (siehe Tabelle 7.5):

		Durchschnittlicher Mehrpreis für			
		A	B	C	Mittel
Im Simulator mit Armaturentafel .. gefahren	A	240,--	233,--	0	237,--
	B	567,--	400,--	0	525,--
	C	1.150,--	400,--	0	700,--
Mittel		590,--	330,--	0	468,--

Tab. 7.5: Akzeptierter Mehrpreis (in DM)

Inhaltliche Einschätzung der Displays durch die Versuchspersonen:

Display A erhält die meisten **positiven** Statements:

- o es ist übersichtlich (5 Nennungen)
- o das Warnsystem ist gut (2x)
- o die Wegleitung ist günstig (1x)
- o es ist zweckmäßig, erleichternd, angenehm (je 1x)

Display B folgt mit den positiven Nennungen an zweiter Stelle:

- o es ist übersichtlich, da die Information im Zentrum dargeboten wird (3x)
- o es ist logisch aufgebaut (1x)
- o es ist nicht verwirrend (1x)

Display C erhält nur 1 positives Statement:

- o bei langen Fahrten ist die viele Information eventuell günstig.

Bei den **negativen** Statements steht Display C mit 16 Nennungen an der Spitze:

- o es enthält zu viel Information (6x)
- o es ist verwirrend (3x)
- o es ist ablenkend (3x)
- o es ist zu kompliziert (2x)
- o es ist unübersichtlich, ungeordnet (2x)

Display B erhält 9 negative Statements:

- o es ist zu unruhig (beim Anzeigenwechsel) (5x)
- o es ist irritierend (2x)
- o es ist schlecht, wirr (2x)

Display A schneidet mit 5 negativen Nennungen am günstigsten ab:

- o es ist unübersichtlich (2x)
- o die Wegleitung ist unnötig (1x)
- o der Bordcomputer ist falsch plaziert (1x)

- o der Drehzahlmesser fehlt (1x).

Zusammenfassend können wir festhalten, daß Display A im subjektiven Vergleich der Probanden am günstigsten abschneidet. Es wird als übersichtlich mit gutem Warnsystem (da nur bei Bedarf) bewertet.

Bei Display B wird vor allem der Wechsel als störend und irritierend angesehen. Offensichtlich ist das Kriterium der Verlässlichkeit für die Probanden von großer Wichtigkeit.

Bei Display C wird besonders das große Informationsangebot bemängelt, das als verwirrend, ablenkend und unübersichtlich eingeschätzt wird.

7.7. Zusammenfassung

Die Untersuchung von drei verschiedenen Armaturentafeln,

- dem verlässlich und gut gestalteten Display (A),
- dem flexiblen und gut gestalteten Display (B) und
- dem verlässlich, aber schlecht gestalteten Display (C),

zeigt bezüglich des objektiven Maßes "fehlende Antworten auf Fragen während des Versuchs" signifikant weniger Fehler bei Display A, verglichen mit Display C. Bei den Displays A und B werden Warnungen wesentlich besser erkannt als bei Display C.

Die Einstellung der Probanden ist

- zu Display A positiver als zu Display B,
- zu Display A positiver als zu Display C.

Im Falle eines Fahrzeugkaufes würden sich 60% für Display A, und 40% für Display B entscheiden.

Sowohl im subjektiven, als auch im objektiven Vergleich schneidet Display A, konzipiert nach den Kriterien der "guten Gestalt" und der "Verlässlichkeit", am günstigsten ab.

Bei Display B, das ebenfalls nach dem Kriterium der "guten Gestalt" entworfen ist, aber jeweils die momentan wichtigste Information ins Zentrum rückt, wird gerade dieser Wechsel (Tachometer --> Anzeige der Wegleitung --> Bordcomputerfunktion --> Warnung) als störend und irritierend angesehen. Obwohl sich die mangelnde Verlässlichkeit (d.h. eine Anzeige ist nicht immer am selben Platz angesiedelt) nicht mit den objektiven Maßen der Fahrgüte nachweisen läßt, besitzt dieses Kriterium für die Probanden offensichtlich eine hohe subjektive Wichtigkeit.

Display C wird mit seiner verwirrenden, unstrukturierten Informationsvielfalt nicht nur von den Probanden als unübersichtlich und ablenkend eingestuft, es ermöglicht ihnen auch kaum, Warnungen als solche zu erkennen und auf Fragen zu antworten, da sie die entsprechende Information auf der Armaturentafel nicht finden können.

8. Experimenteller Vergleich verschiedener Eingabetastaturen und Spracheingabe bei der Steuerung zentraler Dialogsysteme

8.1. Ziel der Untersuchung

Das Ziel dieser Untersuchung ist ein Vergleich von vier Möglichkeiten zur Bedienung zentraler Dialogsysteme im Kraftfahrzeug. Das Dialogsystem umfaßt ein zentrales Bedienelement und ein damit interagierendes zentrales Anzeigeelement. Neben Aussagen zur Einfachheit und Schnelligkeit der Bedienung liegt das Gewicht auf einer möglichen Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch starke Aufmerksamkeitsablenkung oder beanspruchende Bedienakte.

Von den vielen offenen Fragen bei der Interaktion von Anzeige- und Bedienelementen (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, S.227f) werden hier geklärt:

- ob Tasten mit variabler Funktion (Softkeys) für den Kraftfahrzeugbereich geeignet sind,
- ob Menüsteuerung mit Cursor, oder
- ob Menüsteuerung mit Hilfe eines Cursors in Kombination mit fest definierten Tasten (Hardkeys zur Auswahl der Hauptfunktionen) sinnvoll ist,
- wie sich die optische Rückmeldung der Bedienhandlung an zentraler Stelle (Armaturentafel) auswirkt (Verkürzung der Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen?),
- wie diese neuen Bedienelemente im Vergleich zu einer Kombination aus Spracheingabe und manueller Bedienung zu bewerten sind.

Der Einsatz von Spracheingaben im Kraftfahrzeug wird zwar explizit in einem weiteren Forschungsprojekt untersucht (FÄRBER, POPP & STAPF, 1987). Da Spracheingaben jedoch eine interessante Alternative bzw. Ergänzung zu zukünftigen Tastaturen darstellen, sollen sie hier in Kombination mit manueller Bedienung analysiert werden.

8.2. Theoretischer Hintergrund

Der Einfluß moderner Computertechnologie führt im Kraftfahrzeug zum Einbau neuer elektronischer Systeme, die die Möglichkeit bieten, eine Fülle von Informationen für den Fahrer bereitzustellen. Wie dieses Mehr an Information auf den Fahrer wirkt, ob positiv (unterstützend) oder negativ (ablenkend), ist derzeit nicht untersucht. Aufgrund von Untersuchungen in anderen Bereichen können wir jedoch annehmen, daß die Verarbeitung von Information (z.B. Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer, Information im Fahrzeug) "ohne gegenseitige Beeinträchtigung .. immer dann möglich (ist), wenn die Analyse der Reize in getrennten, voneinander unabhängigen Strukturen erfolgt." (FÄRBER, 1987, S.241).

Eine Möglichkeit, die Überforderung des Fahrers zu vermeiden, besteht, zumindest theoretisch, in der Schaffung eines **zentralen Dialogsystems**, das einen einheitlichen Bedienungsrahmen für alle angeschlossenen Geräte ermöglicht.

Selbstverständlich ist nun nicht daran gedacht, alle Bedienfunktionen in dieses zentrale Dialogsystem zu integrieren. So werden beispielsweise Grundfunktionen, die permanent benutzt werden, wie Wischer oder Blinkerhebel, an ihrem gewohnten Platz bleiben. Wohl aber sollen z.B. Radio, Wegleitsystem, oder zeitaufwendige Regelsysteme wie Heizung und Lüftung, an zentraler Stelle zusammengefaßt werden. Bedienteile, für die dies sinnvoll ist, werden nicht mehr nebeneinander und unkoordiniert angeordnet, sondern an **einem** Platz über **eine** Tastatur gesteuert.

Die **Vorteile** bestehen in einer deutlichen Verringerung des Platzbedarfs für Eingabelemente - es kommt nicht mehr zu der Vielzahl von Bedienteilen, die entweder über den Fahrzeuginnenraum verteilt oder dicht gedrängt im Greifraum des Fahrers angeordnet sind. Vielmehr ist es möglich, diese Tastatur an optimaler Stelle im Greifraum anzubringen und somit vor oder während der Betätigung den Suchaufwand, die Zeit und das Ausmaß der Blickabwendung von der Straße zu reduzieren.

Dem Dilemma, daß eine im optimalen Greifraum des Fahrers positionierte Tastatur sich nicht gleichzeitig im optimalen Sehraum befindet, soll mit der optischen Rückmeldung der manuellen Betätigung im optimalen Sehraum (Armaturentafel) begegnet werden.

Eine zentrale Tastatur kann jedoch auch **Nachteile** bringen:

- Die räumliche Zusammenfassung erlaubt **keine "Ortskodierung"** von Funktionen.
- Die einheitliche Gestaltung der Tasten stellt keine "Erinnerungsstütze" dar, die sonst, etwa durch die **Form** eines Bedienteiles gegeben ist.
- Auch beim **Erlernen** neuer Bedienfunktionen kommen die Zuordnungen "Raum" + "Funktion" bzw. "Form" + "Funktion" nicht mehr als Gedächtnisstütze in Betracht. Zum Ausgleich dieser Schwierigkeit sollte die Tastatur durch Anzeigen ergänzt werden, die Auskunft über die momentane Funktionsbelegung geben und auf diese Weise den mentalen Aufwand reduzieren.
- Die Funktionen sind jedoch nicht nur weniger ortsgebunden, es bestehen auch geringere "direkte" Beziehungen zwischen "Tastenbetätigung" und "Wirkung". Stattdessen dominiert der Eindruck einer "abstrakten Auswahl", die über formale Prozeduren gelenkt wird. So wird es in den seltensten Fällen möglich sein, bereits mit einem Tastendruck die gewünschte Wirkung zu erzielen. Schon bei mittlerer Komplexität bzw. mittlerem Integriertheitsgrad ist ein zweistufiger Entscheidungsprozeß über Funktionsbereich und eigentliche Funktion anzusetzen, vor allem, wenn die Anzahl der Tasten überschaubar gehalten werden soll.
- Bei bestimmten Auslegungen (z.B. Softkey) muß die Tastatur in mehreren **Auswahlschritten** einem Gerät und einer Funktion dieses Gerätes zugeordnet werden. Bei der Verwendung von Hardkeys oder Spracheingabe ist der Wechsel zwischen Funktionsbereichen zwar einfacher und direkter, die Auswahl erfordert aber auch hier mehrere logische Schritte.

Die **bisherige ergonomische Forschung** bezieht sich im wesentlichen auf die Gestaltung und Optimierung von Bedienteilen wie Hebel, Schalter, Drehknöpfe, usw., die nur wenige definierte Betätigungen erlauben. Eine Zusammenfassung für den Bereich des Kraftfahrzeugs findet sich bei FÄRBER & FÄRBER (1987), weniger Kfz-bezogene Angaben bei SCHMIDTKE & RÜHMANN (1981), WOODSON (1981), BULLINGER, KERN & SOLF (1979), CHAPANIS & KINKADE (1972), GRANDJEAN (1971), WOODSON & CONOVER (1964).

Die Erkenntnisse lassen sich nur zum Teil auf das neue Gebiet des zentralen Bedienelements übertragen, insbesondere bleibt die Frage unbeantwortet, wie der Auswahlvorgang zu organisieren ist.

Einzelne Arbeiten beschäftigen sich mit diesen neuen Konzepten, z.B. ZWAHLEN & DeBALD (1987), ORTEGA et al. (1986), GEISER (1985), HEINTZ et al. (1985), SEEGER et al. (1985), GALER et al. (1983), BOUIS et al. (1981). Neben informellen Berichten über ein bestimmtes System finden sich erste empirische Arbeiten, deren Ergebnisse oft jedoch nur auf sehr kleinen Stichproben basieren.

HEINTZ et al. (1985) konnten zeigen, daß die Verwendung zentraler Bedienteile im Vergleich zu herkömmlich getrennten Systemen zu geringeren Fixationszeiten während einer Betätigung führt, und damit auch zu kürzerer visueller Abwendung vom Verkehr.

Diesem positiven Ergebnis stehen die Aussagen von ZWAHLEN & DeBALD (1987) gegenüber. Die Autoren untersuchten zentrale Bedienteile zur Steuerung von Radio und Klimafunktionen. Als Maß verwendeten sie die Seitenabweichung der Fahrzeugführung während einer Bedienung. Dieses Maß wies eine erhebliche Zunahme der Streuung während eines Bedienaktes auf, zum Teil wurde eine Lenkabweichung gemessen, die ein Abkommen von der Straße wahrscheinlich macht.

Die Zahl der Versuchspersonen, im ersten Falle sechs, im zweiten acht, ist zwar eine relativ kleine empirische Basis, deutlich ist aber, daß die verwendeten Maße relativ umfangreich sein müssen, um Aufschluß über die Eignung eines Systems für den realen Straßenverkehr geben zu können.

Etwas umfangreicher ist die Forschung zur Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion im Bereich herkömmlicher Computer-Arbeitsplätze, etwa im Büro.

Bei der Bewertung verschiedener Eingabeformen (Maus, Cursorstasten, Funktionstasten, Lichtstift u.ä.) zeigt sich auch hier (GREENSTEIN & ARNAUT, 1987) das Unvermögen, aus den bisherigen experimentellen Befunden endgültige Schlüsse bezüglich der Eignung bestimmter Eingabeformen und -geräte abzuleiten. Vielmehr werden auch in diesem Bereich unterschiedliche Empfehlungen geäußert, wohl mitbedingt durch eine starke Abhängigkeit der jeweiligen Eignung vom Anwendungs- und Aufgabenbereich. Diese Abhängigkeit muß sicher bei der speziellen Anwendung "Kraftfahrzeug" noch stärker berücksichtigt werden.

Ziel unserer Untersuchung ist daher, die neue Entwicklung im Kraftfahrzeugbereich aufzugreifen, vorhandene Erkenntnisse von "Hard-" und "Software-Ergonomie" einzubeziehen und verschiedene Gestaltungsvorschläge einem experimentellen Vergleich zu unterziehen.

8.3. Definition der Begriffe "Hardkey", "Softkey", "Menuesteuerung" und "Spracheingabe"

Zunächst einige Definitionen:

Hardkeys erlauben eine feste Zuordnung zwischen Taste und Funktion, in der Regel die Betätigung mit nur einer Auswahlstufe (Beispiel: Soll das Radio angestellt werden, wird der Ein-/Ausschalter gedrückt). Damit ist ein Zugriff zu jeder Zeit möglich, unabhängig davon, welchen Bedienakt der Fahrer vorher ausgeführt hat (z.B. Heizungsregulierung). Sie erfordern aber bei zunehmender Funktionsvielfalt die entsprechende Anzahl von Bedienelementen - oft eine unübersichtliche Menge.

Softkeys reduzieren die Anzahl der Tasten, indem sich ihre Belegung jeweils in Folge einer getroffenen Vorauswahl ändert. Deshalb wird hier eine Anzeige notwendig, die zusätzlich die aktuellen Möglichkeiten angibt. Der Benutzer muß u.U. von einer Tastenbelegung zu einer anderen übergehen, um die gewünschte Funktion zu betätigen.

Die **Menuesteuerung** mittels **Cursor** benötigt die wenigsten Tasten. Nur zum Bewegen einer Auswahlmarke und zum Auslösen der Wahl sind sie erforderlich. Alle Tasten besitzen hier eine feste Bedeutung (z.B. "weiter", "Wahl", "Menue"), die nur im Zusammenhang zum formalen Auswahlprozeß steht, jedoch keine Zuordnung zur realen Funktion hat.

Bei der **Spracheingabe** wird durch ein entsprechendes verbales Kommando die gewünschte Bedienfunktion ausgelöst (z.B. "Radio an"). Sie hat den Vorteil, weitgehend ohne Blickzuwendung bzw. taktile Betätigung auszukommen. Je nach "Intelligenz" des Spracherkenners ist eine mehr oder weniger umfangreiche Schulung bezüglich des Wortschatzes, den das Gerät "verstehen", erforderlich. Nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung (FÄRBER, POPP & STAPF, 1987) ist eine optische Rückmeldung über den Inhalt des Kommandos nicht angezeigt. Zu empfehlen ist bei trägen Systemen (z.B. Heizung) eine akustische Rückmeldung (Ton oder Sprachausgabe, z.B. "Wird gemacht"), die den Eingang der Meldung quittiert. Bei Systemen, die sofort reagieren (Fenster, Radio), ist diese Art der Rückmeldung nicht erforderlich.

Für kontinuierliche Funktionen, wie z.B. Radio Lautstärke, empfiehlt sich die manuelle Regelung. Hier wäre es nämlich äußerst schwierig, die gewünschte Lautstärke "verbal" herzustellen: Wieviel ist "lauter" - eine eben merkliche Stufe, ein bißchen lauter, oder ein ganzes Stück lauter? Die manuelle Regelung hat das "Wieviel" sozusagen "im Griff".

Ein **Dialogsystem** besteht aus dem zentralen Bedienteil und dem ihm zugeordneten Anzeigenfeld, welches zur Rückmeldung des momentanen Dialogzustandes und auch zur Meldung abgefragter Informationen dient.

Der Begriff "Dialog" wird in Abgrenzung zu herkömmlichen Bedienelementen verwendet. Er verdeutlicht, daß mit dem zentralen Bedienteil in der Regel keine direkt wirkende Betätigung erfolgt. Stattdessen wechseln Eingaben des Benutzers und Ausgaben des Systems.

8.4. Experimentelles Design

8.4.1. Auswahl der zu untersuchenden Steuerungs-Alternativen

Beim Umgang mit zentralen Bedienelementen ist eine Vielzahl von Varianten denkbar, etwa die parallele oder serielle Funktionsauswahl, Menueverfahren (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987), Mischformen oder Spracheingabe. Die experimentelle Untersuchung muß sich daher zwangsläufig auf Teilaspekte beschränken, wenn sie fundierte Ergebnisse erbringen soll.

Im Rahmen der Untersuchung wird das Konzept der zentralen Eingabetastatur in **vier Varianten** umgesetzt, die - bei logisch identischem Wahlverhalten - unterschiedliche konkrete Bedienhandlungen erfordern.

Variiert wird die **Art des Auswahlprozesses** und damit die Anzahl und Verwendung der Tasten.

Untersucht werden folgende Ausprägungen:

- **Menuesteuerung mit Cursor**
- **Kombination von fest definierten Tasten (Hardkeys) und einer Cursor-Steuerung**
- **Steuerung über Softkeys (Tasten mit variabler Funktionsbelegung)**
- **Steuerung über Benennung der gewünschten Funktion (Spracheingabe) in Kombination mit manueller Regelung kontinuierlicher Einstellungen (z.B. Lautstärke).**

Selbstverständlich sind auch andere Fragestellungen denkbar, die sich etwa mit den Auswirkungen unterschiedlicher Informationsmengen, Organisiertheitsgrade und Zusammenfassungen zu Funktionsgruppen beschäftigen. Die Bedeutung der ausgewählten Fragestellung liegt darin, daß durch unterschiedliche Aktionen (wechselnde Anzahl von Tastenbetätigung oder Spracheingabe) ein **direkter** starker Einfluß auf das Fahrverhalten ausgeht, während die Manipulation der inneren Aufbau-logik primär nur mentale Einflüsse ausübt, die indirekt, z.B. erst in der Folge, verhaltenswirksam werden, etwa durch verlängerte Entscheidungszeiten. Auch liegen für die gewählte Themenstellung kaum Untersuchungen vor, aus denen Gestaltungsrichtlinien abgeleitet werden könnten. Fraglich ist z.B., inwieweit Aussagen über die Vorzüge eines "touch-boards", gewonnen bei Arbeitsplatzcomputern, auf die Steuerung von Funktionen im Kraftfahrzeug übertragbar

sind.

Aus unserem experimentellen Vorgehen, das auch durch ein bestimmtes Steuerlayout mitbestimmt ist, können **erste Aussagen über Vor- und Nachteile der Elemente Hardkeys + Cursor, Softkeys, der Cursorsteuerung und Sprach-eingabe** im Kraftfahrzeug abgeleitet werden.

8.4.2. Funktionsbereiche

Untersucht werden die **Funktionsbereiche Radio, Wegleitung, Infothek** (Informationssystem für den Fahrer) **und Klimaregelung**.

Damit sind Elemente erfaßt,

- die dem Fahrer aus dem Kfz vertraut sind (Radio, Klima) bzw.
- ihm relativ unbekannt sind (Wegleitungssystem, Infothek).

Der Funktionsbereich **Radio** umfaßt

- Lautstärke
- Klangfarbe
- Sendersuchlauf
- Stationswahl
- weitere Funktionen
- aus.

Über den Sendersuchlauf oder die Stationswahl können die sechs Einzelsender SWF 1, SWF 2, SWF 3, HR 1, HR 3, BR 3 abgerufen werden.

Der Funktionsbereich **Wegleitung** umfaßt die Unterbereiche

- ein
- aus
- Pause
- Zielwahl
- Entfernung zum Ziel
- weitere Funktionen.

Im Feinbereich Zielwahl können die Ziele 1 bis 6 aufgerufen werden.

Die **Infothek** umfaßt die Informationen

- Tankinhalt (in Litern)
- Reichweite mit diesem Tankinhalt (in km)
- restliche Fahrzeit

- bisherige Fahrzeit
- Diagnose
- weitere Funktionen.

Der Feinbereich Diagnose liefert Information über den Öldruck (normal / zu hoch / zu niedrig), die Öltemperatur, das Kühlwasser, den Ladezustand der Batterie, die Bremsflüssigkeit und den nächsten Service-Termin.

Die **Klimaregelung** unterteilt sich in

- Heizung
- Luftverteilung
- Gebläse
- Heckscheibenheizung
- Sitzheizung
- Spiegelheizung.

8.4.3. Form der Tastatur

Für das Design eines zentralen Bedienelements gibt es nur sehr wenig Vorschläge aus dem Bereich der Ergonomie. Daher prüften wir in Vorversuchen verschieden ausgeformte Tastaturen.

Als besonders benutzerfreundlich (Beurteilung durch Expertenrating) erwies sich ein Tableau, das sich in den drei Ebenen des Raumes (Höhe, Seite, Neigung) verstellen und daher den individuellen Größen- bzw. Längenverhältnissen des Benutzers und seinem persönlichen Empfinden von "guter Erreichbarkeit" anpassen läßt.

Das Tableau befindet sich über der Mittelkonsole und kann an die Armaturentafel gerückt oder näher zum Fahrer positioniert werden. Abbildung 8.1. zeigt verschiedene Möglichkeiten.

Auf dem Tableau ist eine Handauflage angebracht, die, anatomisch gesehen, ein Gegenstück zur Mittelhand darstellt. Die Handauflage gibt der rechten Hand, mit der die Tastatur bedient wird, Halt und stellt einen Orientierungspunkt dar. Auf diese Weise kann die Tastatur auf haptischem Wege auch ohne Blickzuwendung schnell aufgefunden werden.

In die Handauflage wurde linksseitig ein Rändelrad eingelassen. Es wird in der Regel mit dem Daumen bewegt, falls ein Benutzer dies wünscht, könnte es auch mit dem Zeige- oder Mittelfinger bedient werden. Das Rändelrad ist waagrecht auf dem Tableau angeordnet. Dies ist zwar bisher im Kfz-Bereich unüblich, entspricht aber exakt der natürlichen Bewegungs-

richtung des Daumens. Diese Art der Anordnung ist auch für die Bedienung durch den Zeige- oder Mittelfinger geeignet. Abbildung 8.2. zeigt die Handauflage mit Rändelrad im Detail.

Tableau, Handauflage und Rändelrad bleiben unter allen vier Versuchsbedingungen gleich - es ändert sich nur das jeweilige Tastenfeld (siehe 8.4.4.).

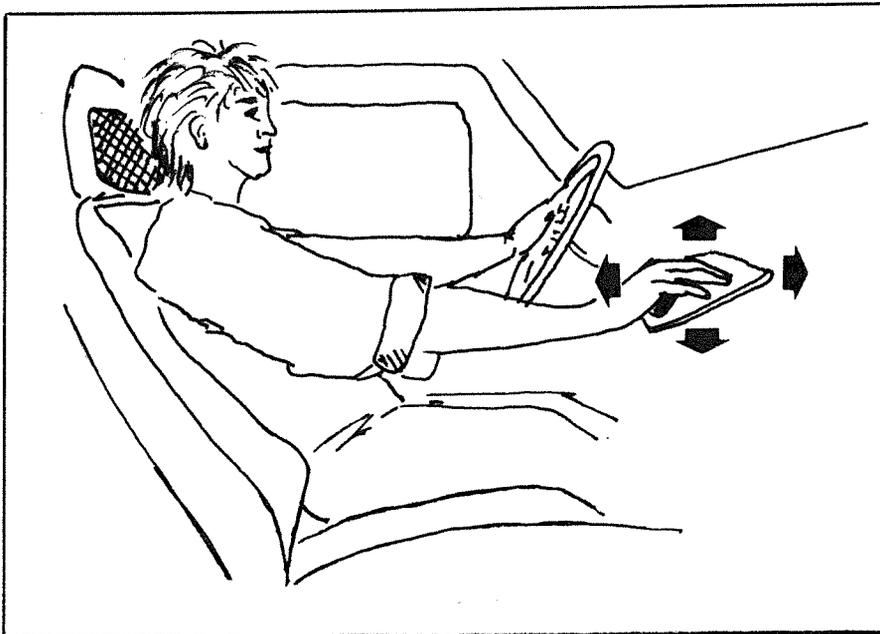


Abb. 8.1: Zentrales Bedienelement in verschiedenen Positionen

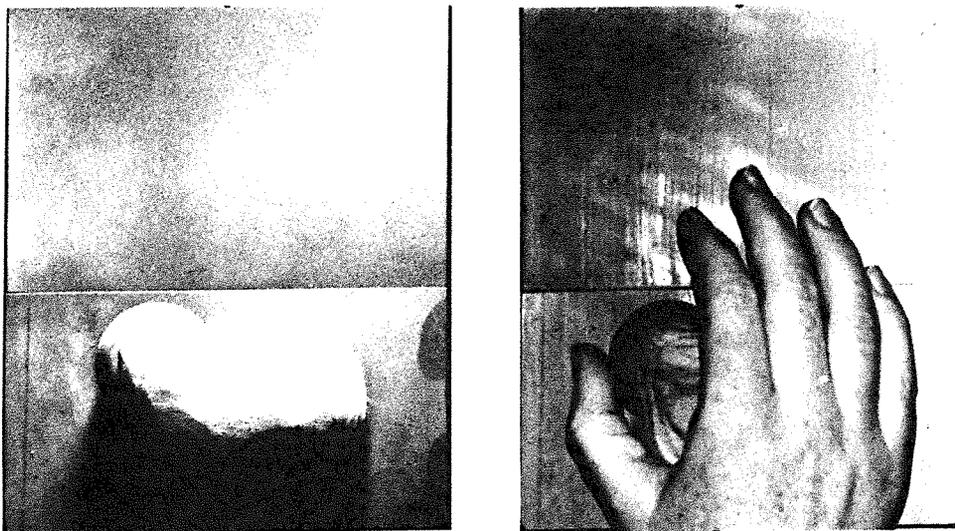


Abb. 8.2: Handauflage mit Rändelrad

8.4.4. Realisierung verschiedener Tastaturen und ihre innere Struktur

Tastatur für die Cursor-Steuerung

Für die Cursor-Steuerung (vgl. Abbildung 8.3.) werden nur 3 Tasten benötigt:

- Weiter-Taste
- Wahl-Taste
- Menue-Taste.

Die Taste "weiter" bewirkt ein Weiterrücken um jeweils eine Position (Radio --> Klima --> Info --> Wegleitung --> Radio ...).

Mit der Wahl-Taste wird die gewünschte Funktion (z.B. "Radio") gewählt, d.h. die Funktionsauswahl abgeschlossen.

Die Rückkehrfunktion in eine andere Menueebene erfolgt über eine explizite Menueoption. Sie ermöglicht die Rückkehr von der Ebene der Feinauswahl zu den Unterbereichen, vom Unterbereich zum Hauptbereich.

Diese Tastatur ist zwar bezüglich der Tastenmenge sehr sparsam, erfordert aber in der Regel mehr Tastenbetätigungen, da zusätzlich ein Cursor bewegt und die endgültige Auswahl "ausgeführt" werden muß. Daraus könnten relativ viele Blickzuwendungen auf das Schriftfeld resultieren. Möglicherweise bereitet auch die Wahl-Taste Schwierigkeiten: Der Benutzer sieht ja bereits durch Betätigen der Weiter-Taste eine Änderung auf dem Display und könnte daher vergessen, die Wahl zu treffen. Farbliche Codierung im Schriftfeld soll über diese Schwierigkeit hinweghelfen: Wird der Cursor bewegt (Weiter-Taste), so ist das angesprochene Feld im Hintergrund dunkelblau und die Schrift gelb, wird eine Wahl getroffen, so ändert sich die Hintergrundfärbung des Feldes in hellblau, die Schrift wird dunkel.

Tastatur für die Softkeylösung

Die zweite Tastatur folgt dem Prinzip, allen gleichzeitig angebotenen Wahlmöglichkeiten jeweils eine Taste direkt zuzuordnen.

Da maximal sechs Funktionen angezeigt werden, sind entsprechend sechs Softkeys diesen Funktionen zugeordnet. Ihre - wechselnden - Bedeutungen sind, räumlich zugeordnet, auf den sechs Feldern des Anzeigefeldes ersichtlich.

Im Ausgangszustand sind nur vier Softkeys (für die Bereiche Radio, Klima, Infothek und Wegleitung) aktiv, für die darauf folgende Auswahl von Funktionen oder Unterfunktionen werden alle sechs benötigt.

Die Tastenkennzeichnung selbst besteht nur aus einem Punkt, um anzuzeigen, daß es sich um Wahl-Tasten ohne feste Bedeutung handelt.

Zusätzlich gibt es wie bei der Cursor-Lösung eine "Zurück-Taste". Sie ermöglicht einen Rücksprung um jeweils eine Ebene nach oben, von der Feinauswahl zu den Unterbereichen, oder von den Unterbereichen zur Hauptauswahl (Abbildung 8.4).

Tastatur für die kombinierte Hardkey- und Cursortastatur

Im Gegensatz zu den besprochenen Lösungen wird hier eine Mischung aus zwei Tastenlogiken eingesetzt.

Eine vollständige Hardkeylösung hätte für jede terminale Wahl eine Taste erfordert, es wäre in unserem Falle ein Tableau mit 44 Tasten erforderlich gewesen. Diese Lösung ist weder theoretisch zu begründen, noch technisch im Versuchsaufbau zu realisieren.

Sinnvoll erschien es daher, eine Kombination aus Hardkey- und Cursortastatur aufzubauen.

Die Hardkeys finden Verwendung zur Ansteuerung der Auswahl zwischen Radio, Klima, Wegleitung und Infothek. Hauptcharakteristikum ist hier, daß diese Betätigung immer und unabhängig von vorausgegangenen Wahlen möglich ist. Deshalb gibt es auch für die "Hardkey-Wahlen" keine Anzeige im Display, die Funktion einer Taste ist durch ein angebrachtes Piktogramm und eine direkte Tastenbeschriftung ersichtlich (Abbildung 8.5).

Dieser Ansatz erleichtert insbesondere den Wechsel zwischen verschiedenen Bereichen, der ohne ein- oder mehrfaches Betätigen einer Rückkehrtaste geschehen kann.

Innerhalb **eines** Bereiches dienen 3 Cursor-Tasten für die weitere Steuerung:

- Weiter
- Wahl
- zurück.

Ihre Logik entspricht der einer reinen Cursortastatur: der Cursor wird auf die gewünschte Marke bewegt und die Wahltaste zur Bestätigung gedrückt. Daneben wird eine Zurück-Taste für Rücksprünge innerhalb eines

Bereiches angeboten, etwa um von der Feinauswahl zur Bereichsauswahl zurückzukommen. Zusätzlich ermöglicht es diese Taste auch zum Ausgangszustand zurückzukommen, um etwa das Schriftfeld wieder völlig auszublenden. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß diese Tastatur einerseits die möglichen Vorzüge einer Hardkey-Lösung (direkte Zugänglichkeit wichtiger Bereiche ohne Zuhilfenahme eines Hilfsdisplays) berücksichtigt und andererseits noch mit einer überschaubaren Anzahl von Tasten auskommt. Von besonderem Interesse bei dieser Tastatur ist die Frage nach den Auswirkungen der beiden unterschiedlichen Steuerungsprinzipien auf den Bedienakt, insofern, als der Fahrer sein Verhalten während der Auswahl, abhängig von der Auswahlebene, ändern muß. Die kombinierte Hardkey- + Cursor-Steuerung ist in Abbildung 8.4. dargestellt.

Logische Menuestruktur

Basierend auf den Ergebnissen von HEINTZ et al. (1985) wird - für alle Varianten - eine Beschränkung auf maximal zwei Wahlebenen bei allen Hauptfunktionen (z.B. Radio) für sinnvoll erachtet. Mehr Menuebenen brächten die Schwierigkeit relativ langer Entscheidungswege mit sich: die Kategorisierung "Hauptbereich (z.B. Radio) - Unterbereich (z.B. Station) - Funktion (z.B. SWF 3)", die nicht der logischen Struktur im Benutzer entspricht (er wünscht: "Radio" - "SWF 3"), müßte erlernt werden und wird mit zunehmender Menuetiefe schwieriger. Diese Aussage gilt strenggenommen aber nur für Menues, die formal vollkommen nach diesen Prinzipien aufgebaut sind. Auszuführende Tätigkeiten sind in der Regel nicht gleichwertig hinsichtlich der inhärenten Bedeutung und der Häufigkeit der Bedienung.

Auch intuitiv ist deutlich, daß eine Betätigung "Radio ein/aus" weniger komplexe Schritte erfordert, als etwa die Auswahl eines bestimmten Senders. Deshalb kann es sinnvoll sein, die jeweilige Menuetiefe abhängig von der konkreten Funktion zu gestalten. In diesem "gemischten" System könnten z.B. alle wichtigen Funktionen auf zwei Schritte aufgeteilt werden und alle weiteren ins Detail gehenden Wahlen, etwa zwischen verschiedenen Radiostationen oder verschiedenen Wegleitungszielen, auf eine dritte Ebene. Diese dritte Ebene ist nur in relativ seltenen Fällen mit hochspezialisierter Auswahl anzusteuern.

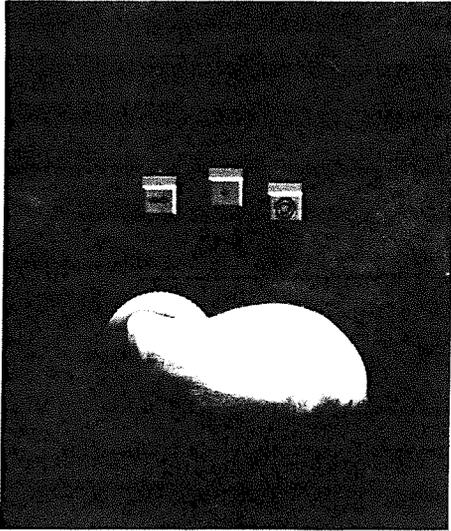


Abb. 8.3: Tableau der
Cursor-Steuerung

Abb. 8.4: Tableau der
Softkey-
Steuerung

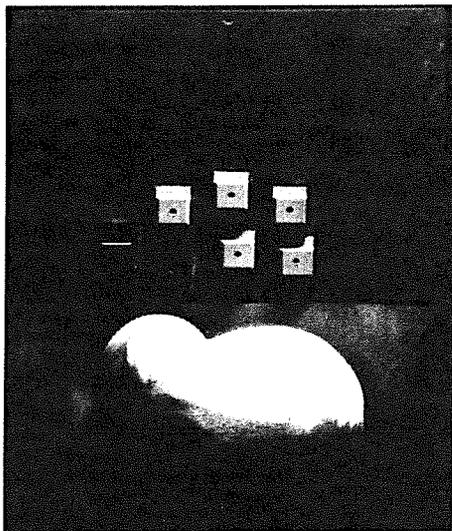
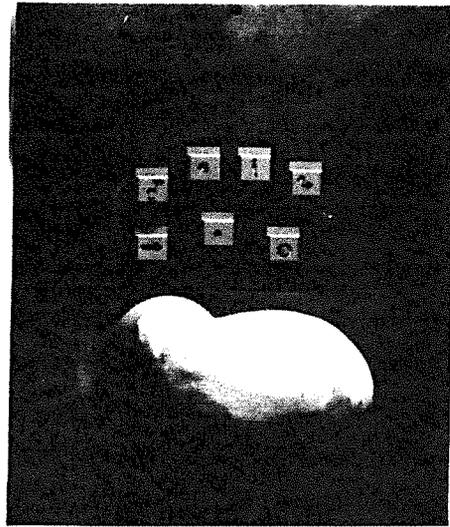


Abb. 8.5: Tableau der kombinierten
Hardkey- + Cursor-
Steuerung

8.4.5. Das Rändelrad

Die **Regelung kontinuierlicher Funktionen** (z.B. mehr/weniger) ist in verschiedenen Auslegungen denkbar:

Nehmen wir die Lautstärkeregelung des Radios als Beispiel, so könnte einerseits auf einer Menueebene jeweils die Option "lauter" und "leiser" realisiert sein, dies dann für jede Regelung separat, was zu einer Verdoppelung der Wahlmöglichkeiten, und damit auch der Tasten, führt.

Andererseits könnte nur die Option "Lautstärkeregelung" vorhanden sein, kombiniert mit einer weiteren Menuestufe, die "lauter" bzw. "leiser" zur Wahl anbietet. Auch diese theoretische Möglichkeit ist für die Praxis zu umständlich.

Optimal für die Regelung kontinuierlicher Funktionen ist ein Bedienelement, dessen Charakter von der Auslegung her ebenfalls kontinuierlich ist. Die Problematik der Umsetzung eines Kontinuums (z.B. Lautstärke) in ein binäres System (z.B. +/-) entfällt: In einem binären System, z.B. einer Taste oder einer Wippe, muß das Kontinuum in Stücke aufgeteilt werden. Hier stellt sich die Frage der sinnvollen Stückelung, auf deren psychologischen Aspekt wir später noch eingehen werden.

Die Diskussion, ob viele einzelne, der jeweiligen Tätigkeit entsprechende Elemente (Radio lauter/leiser, Gebläse mehr/weniger, Heizung wärmer/kälter, Fenster auf/zu, Spiegel höher/tiefer, ...), oder ein zentrales, allgemeingültiges, wenn auch etwas abstrakteres Element zu bevorzugen ist, wird zunächst aus pragmatischen Gründen zugunsten des zentralen Elements entschieden: Die Menge der Regler würde wiederum die Gefahr der Ablenkung des Benutzers vom Verkehrsgeschehen in sich bergen.

Das "Mehr-weniger"-Prinzip läßt sich sehr gut mit Hilfe eines **Rändelrads** realisieren.

Mit dem Rändelrad hat der Benutzer auch die Quantität voll im Griff - im wahrsten Sinne des Wortes: Hier wird das Problem gegenstandslos, um wieviel mehr die Lautstärke ansteigen soll, wenn der Benutzer nur den Befehl "mehr" geben könnte. Würde "mehr" gerade einen "eben merklichen Unterschied" bedeuten, würde es "etwas mehr" bedeuten, oder gar "viel mehr"? Individuelle Unterschiede zwischen den Benutzern (was für den einen "etwas mehr" darstellt, kann für den anderen "viel mehr" sein) stellen

kein Problem dar. Das Rad kann gerade um so viel gedreht werden, wie der Benutzer "mehr" oder "weniger" wünscht. Voraussetzung dafür ist ein Rad mit unendlichem Umgang, das den zuletzt gewählten Stand (z.B. der Lautstärke) speichert und als Ausgangspunkt bei der nächsten Betätigung heranzieht.

8.4.6. Das Display

Abbildung 8.6. zeigt schematisch die Grundversion des Displays.

In mittlerer Position (aus der Sicht des Fahrers) ist das Tachometer angeordnet (Durchmesser: 95 mm), darunter die Anzeige für den Blinker. Im linken Feld ist ein Anzeigen- bzw. Warnfeld (42 x 42 mm) mit den Symbolen Batterie, Öl, Handbremse und Fernlicht dargestellt. Darunter befindet sich die Tankanzeige, daneben eine stilisierte Rosette für die Richtungsanzeige der Wegleitung (Durchmesser: 45 mm), unter der das zugehörige Schriftfeld für Zielname und Zielentfernung plaziert ist (18 x 90 mm). Rechts vom Tachometer, im oberen Bereich, ist ein Schriftfeld vorgesehen (jeweils 30 x 30 mm). Hier wird die gewünschte Information, etwa der soeben eingestellte Radiosender (z.B. "SWF 3"), der Zustand des Öldrucks (z.B. "normal") oder ähnliches angezeigt - allerdings nur, wenn die Information durch Tastendruck oder Sprachkommando abgerufen wird.

Unter diesem Schriftfeld sind in zwei Reihen jeweils drei Felder angeordnet. Sie erläutern die in 8.4.4. beschriebenen Tastenfelder, indem sie die zur Wahl stehenden Alternativen anzeigen. Ihre Anordnung ist waagrecht in gerader Linie, entsprechend der Leserichtung unseres Kulturkreises. Anzeige- und Bedienteil befinden sich zwar an verschiedenen Stellen, die Kompatibilität wird aber aufrechterhalten, indem an beiden Stellen die gleichen räumlichen Beziehungen bestehen.

Funktional finden wir hier eine Parallele zum "touch-screen", einer Eingabemöglichkeit, die u.a. von KARAT et al. (1985) an Computerarbeitsplätzen im Vergleich mit anderen Eingabemedien favorisiert wird.

Wie sich bei WHITEFIELD et al. (1983) zeigt, wirkt sich die Position des berührungsempfindlichen Feldes kaum aus, es kann direkt auf dem Bildschirm oder an einer separaten Stelle - hier neben der Tastatur - angebracht sein. Im Falle eines "off-display touch input medium" entfallen

dabei die Nachteile der Verdeckung des Displays und der Herabsetzung der optischen Qualität durch aufgesetzte sensorische Schichten. Der Hauptunterschied zwischen Touchscreen und Softkeys besteht im Anwendungsfeld Kraftfahrzeug darin, daß Softkeys durch die fühlbare Tastatur dem Fahrer eine haptische Rückmeldung über die Handlung geben, was "blindes" Bedienen begünstigt. Beim Touchscreen dagegen muß der Fahrer auf den Bildschirm blicken, will er nicht riskieren, seinen Finger zwischen Wahlmöglichkeiten zu plazieren.

Die Beschriftung der Tastenfelder ist aus Tabelle 8.1. ersichtlich. Ein sehr dunkles Grau (beinahe schwarz) bildet die Grundfarbe des Displays. Anzeigen, Piktogramme, Umrandung der Felder und Schrift sind in gelber Farbe ausgeführt.

Die aktuell durch den Cursor markierte Option wird durch farbliche Unterlegung (dunkelblau) hervorgehoben, wird eine Wahl getroffen, so ändert sich die Farbe des Feldes in hellblau.

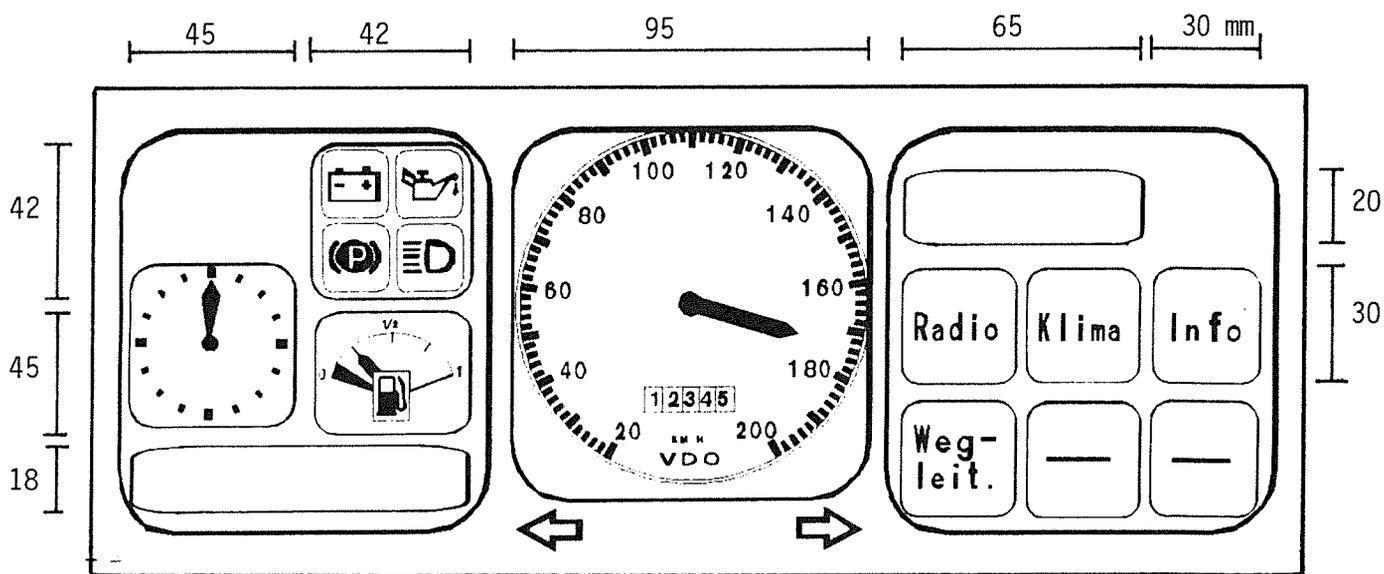
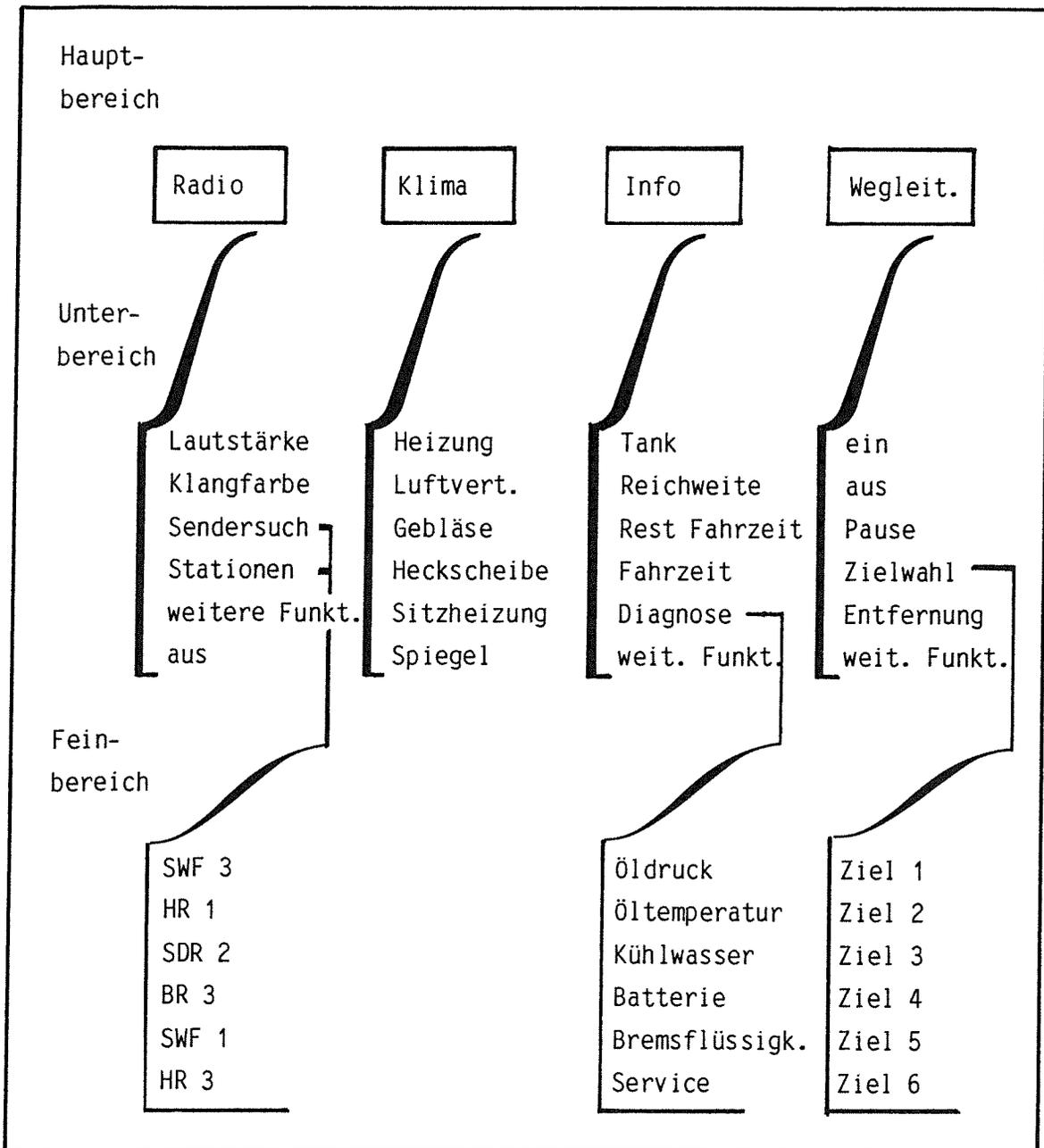


Abb. 8.6: Schema der Grundversion der Armaturentafel



Tab. 8.1.: Text in den Schriftfeldern des Displays:
 Cursor-Steuerung: wie angegeben
 Softkey-Steuerung: wie angegeben
 Kombination aus Hardkey- und Cursor-Steuerung:
 keine Beschriftung der Felder im Hauptbereich,
 sonst wie angegebenen
 Spracheingabe: keine Beschriftung der Felder

8.4.7. Vorgehen des Benutzers bei der Funktionswahl

Im folgenden soll das Verhalten des Benutzers bei der Funktionsauswahl beschrieben werden (das System befindet sich im "Start"-Zustand):

Hardkeys geben durch ihre Beschriftung direkten Aufschluß über ihre Funktion. Ihre Betätigung stellt die Unterfunktionen des ausgewählten Bereiches zur Verfügung, die im Display angezeigt werden.

Im Falle der **Cursor-Steuerung** wird die Markierung auf die gewünschte Funktionskennung geschoben (durch Cursortasten) und dann die Wahl durch eine "Ausführungstaste" vollzogen. Für die Hauptfunktionen gilt, daß die angeforderte Funktion direkt ausgeführt wird, für selten gebrauchte Funktionen schließt sich eine weitere Auswahlliste an.

Für die ausgelöste Aktion gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ist sie unmittelbar für den Benutzer akustisch, optisch oder sensitiv erkennbar (z.B. Radio wird lauter, Fenster geht auf, Luft strömt an die Scheibe), oder sie dient dem Abruf von Information (z.B. Ist die Öltemperatur in Ordnung?). In diesem Fall erscheint die gewünschte Information im Schriftfeld auf der Armaturentafel.

Werden keine fest belegten Tasten für die Auswahl der Funktion verwendet, erfolgt also die Funktionsgruppenauswahl per **Softkey** oder **Cursor**, so müssen bereits auf dieser Stufe die möglichen Optionen auf der Armaturentafel angezeigt werden.

Zu klären ist, wie sich das System nach einer getroffenen Wahl verhält. HEINTZ et al. 1985 sehen unter anderem eine Taste "Menue" vor, die es unmittelbar erlaubt, in die Hauptauswahl zurückzukehren. Entsprechend ist bei der **Cursorsteuerung** eine Option "Rückkehr" vorhanden.

Neben der Rückkehr-Funktion, die durch den Benutzer ausgelöst wird, kann die Rückkehr-Funktion auch implizit installiert werden: das "Hauptmenue" wird nach jeder Funktionsausführung automatisch aufgesucht - allerdings mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung. Diese zeitliche Verzögerung eröffnet dem Benutzer die Möglichkeit einer Nachregelung oder einer Korrektur, ohne die entsprechende Funktion auswählen zu müssen. Sonst könnte es beispielsweise geschehen, daß ein Benutzer die Heizung regelt, nach kurzem feststellt - dies war zuviel - und sie nun etwas zurücknehmen möchte. Befindet sich das System schon wieder im Hauptmenue, so müßte der Benutzer erst wieder "Heizung" anwählen, ist dagegen das System noch im

vorherigen Zustand, so genügt die "weniger"-Regelung. Als zeitliche Verzögerung für den automatischen Rücksprung ins "Hauptmenue" benutzten wir im Experiment 20 sec. Ein größerer Zeitraum dürfte nicht sinnvoll sein, da der Benutzer bei den verschiedensten Handlungen, die er während einer Fahrt ausführen muß, sicherlich vergißt, welche Aktion er innerhalb der Menuesteuerung zuletzt vorgenommen hat.

Bei der **Softkey**-Lösung ist eine Taste mit der "Rückkehr"-Funktion belegt, die vom Softkey-Prinzip ausgeschlossen ist, d.h. es ist immer diesselbe Taste, unabhängig vom gewählten Funktionsbereich.

Layouts, die **Hardkeys** für die Funktionsgruppen vorsehen, erlauben in jeder Auswahlstufe das direkte Springen in andere Funktionsbereiche (z.B. von Radio zu Info).

8.4.8. Aufbau und Ablauf der Versuche

Die Experimente werden in Einzelversuchen durchgeführt und finden im Fahr-simulator statt.

Der technische **Versuchsaufbau** im Fahrstand entspricht weitgehend dem in 6.5.4. beschriebenen: Die Simulation des Armaturenfeldes erfolgt technisch mit dem hochauflösenden Graphikbildschirm, die Armaturentafel, wie sie der Benutzer wahrnimmt, zeigt Abb. 8.6.

Parallel zur Armaturentafel sind die verschiedenen Tastenfelder geschaltet (Abb. 8.2. bis 8.5).

Piktogramme und Beschriftung sind in die Tasten bzw. die Deckplatte eingefräst, mit reflektierender gelbgrüner Farbe ausgefüllt und mit UV-Licht beleuchtet. Auf diese Weise wird hervorragende Sichtbarkeit in der Versuchsbedingung erreicht.

Dem Probanden werden zwei verschiedene, aber parallele Filme mit Nach-fahrsituationen mit oder ohne Bremsmanöver gezeigt. Abbildung 8.7. zeigt die Abfolge der 11 definierten Versuchssituationen exemplarisch für Film 1.

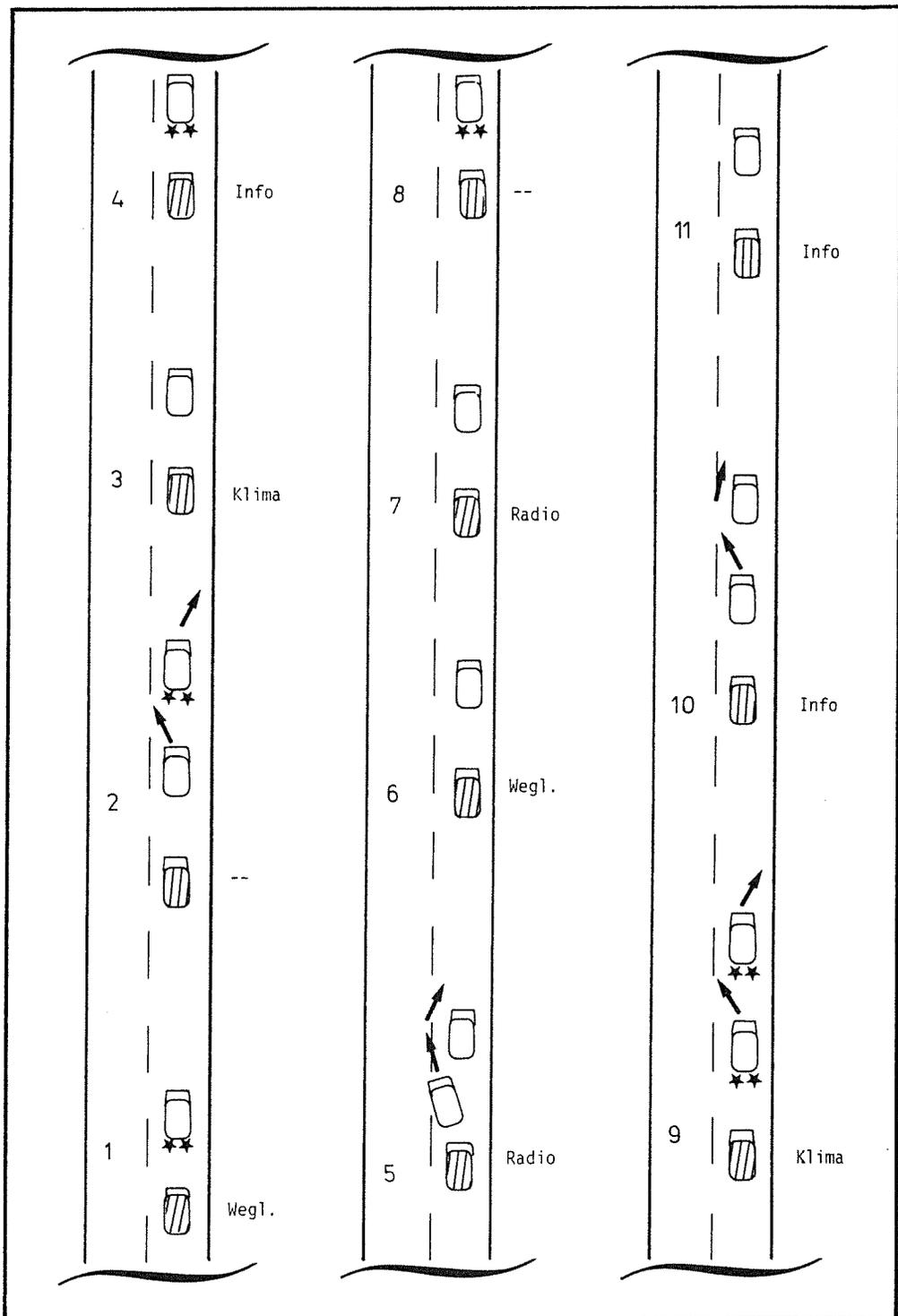


Abb. 8.7: Abfolge der 11 definierten Situationen in Film 1:
 Sit. 3, 6, 7, 11: Vorausf. Fahrz. fährt ruhig dahin
 Sit. 1, 4, 8: Vorausfahendes Fahrzeug bremst scharf
 Sit. 5, 10: Vorausfahendes Fahrzeug wird überholt
 Sit. 2: Vorausf. Fahrz. überholt bremsendes Fahrz.
 Sit. 9: Vorausf. Fahrz. bremst und überholt bremsendes
 Fahrzeug
 : Versuchsfahrzeug (Versuchsperson)

Die Versuchsperson hat die **Aufgaben**,

- im Fahr Simulator zu fahren, wobei sie einem vorausfahrenden Fahrzeug (im Film) folgt, d.h., sie soll das entsprechende Fahrverhalten zeigen: lenken, bremsen, blinken; auf Manöver des Vorausfahrenden reagieren - wobei die Manöver plötzliche, unvorherzusehende Ereignisse sein können,
- zusätzlich die Tastatur zu betätigen, um Funktionen auszulösen bzw. Informationen abzurufen. Auszulösende Funktionen können sowohl einfache Direktwahlen, wie "ein-/ausschalten" sein, aber auch längere Regelungen.

Zu Vergleichszwecken sollen diese Betätigungen sowohl bei entspannter Fahrt als auch in Interferenz zu kritischen Ereignissen untersucht werden. Darüberhinaus sind die Aufgaben der Versuchspersonen so gewählt, daß über möglichst viele Menuezustände Aussagen möglich sind (Auswahl direkt vom Haupt-/Untermenue, Auswahl mit vorheriger Rückkehr ins Hauptmenue, Auswahl mit vielen/wenigen Cursor-Schritten).

Versuchsablauf

Die vier in 8.4.1. beschriebenen Versuchsbedingungen

- Cursor-Steuerung
- Hardkey- + Cursor-Steuerung
- Softkey-Steuerung
- Spracheingabe

werden in ausbalancierter Reihenfolge durchgeführt.

Jeder Versuchsdurchgang dauert 11 Minuten, zwischen den Versuchsdurchgängen sind Pausen, in denen der Proband auf einem Einstellungsbogen (vgl. 8.4.10) die eben getestete Tastatur bzw. die Spracheingabe beurteilt. Zwei verschiedene Verkehrsfilme (sie werden jeweils zweimal dargeboten) zeigen eine in der Regel wenig belastende Autobahnfahrt, in der jedoch unvorhersehbare Manöver vorkommen (bremsen, Ausweichmanöver des Vorausfahrenden, etc.). Die Anweisung, eine bestimmte Handlung auszuführen (Radio an), fügt sich auf natürliche Weise in das Fahrgeschehen ein (entsprechend einer normalen Fahrt).

Nachdem alle 4 Versuchsbedingungen "durchfahren" und mit Hilfe des Einstellungsbogens jeweils einzeln bewertet sind, erhält der Proband einen Fragebogen, in dem er die verschiedenen Steuerungsmöglichkeiten miteinander vergleicht (vgl. 8.4.10).

8.4.9. Aufgaben während der Fahrt

In Film 1 werden der Versuchsperson während der Fahrt folgende Aufgaben gestellt:

- o Schalten Sie bitte die **Wegleitung** ein. Rufen Sie Ziel Nummer 3 auf.
- o Sie haben kalte **Füße**. Bitte regeln Sie die Heizung entsprechend.
- o Wie lange ist Ihre bisherige **Fahrzeit**?
- o Bitte stellen Sie das **Radio** leiser.
- o Wie weit ist es noch bis zu Ihrem nächsten **Ziel**?
- o Bitte wählen Sie einen anderen **Radiosender**.
- o Die Scheibe ist beschlagen. Bitte richten Sie das **Gebälse** nach oben.
- o Ist die **Öltemperatur** in Ordnung?
- o Wieviel Benzin ist im **Tank**?

Die Aufgaben in Film 2:

- o Wie weit kommen Sie noch mit dieser **Tankfüllung**?
- o Ist die **Wassertemperatur** in Ordnung?
- o Schalten Sie bitte die **Wegleitung** ein. Rufen Sie Ziel Nummer 2 auf.
- o Bitte wählen Sie einen anderen **Radiosender**.
- o Wie weit ist es noch bis zu Ihrem nächsten **Ziel**?
- o Bitte stellen Sie das Radio **lauter**.
- o Wie lange dauert es noch, bis Sie Ihr Fahrziel **erreichen**?
- o Sie haben kalte **Füße**. Bitte regeln Sie die Heizung entsprechend.
- o Sie hätten jetzt lieber kühle Luft im **Fußraum**. Bitte regeln Sie die Heizung entsprechend.

8.4.10. Erfassung der Einstellung

Einstellungsmessung

Nach jedem Versuchsdurchgang wird die Einstellung, die die Versuchsperson zur eben erlebten Bedienversion hat, erhoben. Dazu eignet sich das "Semantische Differential", das in 6.5.7. ausführlich dargestellt wurde.

Vergleich der Bedien-Versionen

Nachdem der Proband die Bedien-Versionen Cursor-, Hardkey- + Cursor-, Softkey-Steuerung und Spracheingabe im Fahrversuch kennengelernt und jeweils einen Einstellungsbogen dazu ausgefüllt hat, wird er um einen Vergleich gebeten. Zur Veranschaulichung werden Karten mit Fotos der Tastaturen aufgestellt (siehe Abbildung 8.8.) und eine Übersicht mit kurzen Erläuterungen zu den einzelnen Versuchsbedingungen angeboten.

Der Proband soll die 4 Arten der Bedienung, die er soeben kennenlernte, in eine Rangreihe bringen und auch die herkömmliche Bedienung (jedes Gerät einzeln bedienen) dazu in Relation setzen. Eine weitere Beurteilung soll klären, ob das globale Urteil der Probanden mit der getrennten Bewertung einzelner Einheiten, wie Radio, Klimaregelung, usw. übereinstimmt. Drei Fragenkomplexe beziehen sich auf die Beurteilung des Rändelrads:

- seine generelle Eignung für die Einstellung oben/unten, viel/wenig, etc.
- seine Eignung zur Regelung von Heizung, Luftverteilung, Gebläse, Lautstärke und
- den möglichen Einsatz in anderen Bereichen. Weiterhin wird die persönliche Präferenz im Falle eines Neuwagenkaufes erfragt.

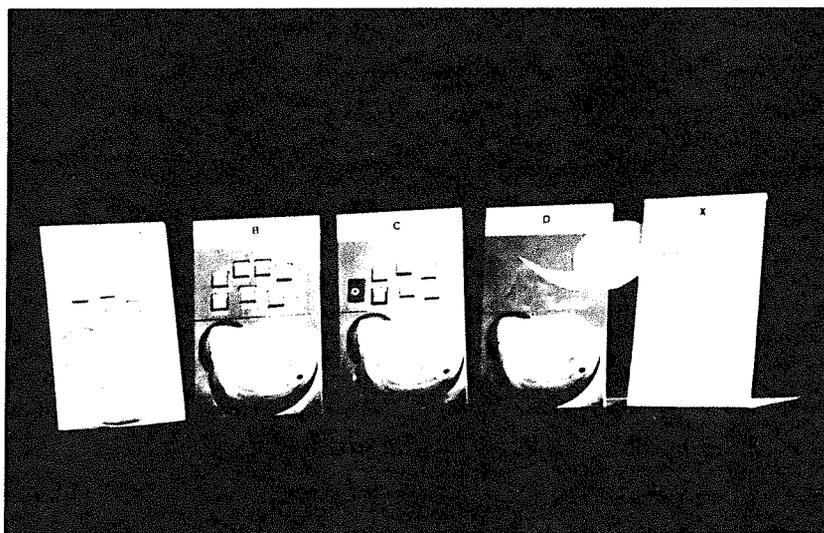


Abb. 8.8: Fotomaterial, um die Bildung einer Rangreihe zu erleichtern

8.4.11. Abhängige Variablen

Untersuchungen über Interfaces im Bereich "statischer" Mensch-Computer-Interaktion (Arbeitsplatz) kommen in der Regel zu einer Bewertung, indem sie die Variable "Arbeitszeit" oder "Fehler" prüfen. Designvorschläge, die schnelleres Arbeiten und/oder weniger Fehler erlauben, wären in diesem Zusammenhang erwünscht.

Im Kraftfahrzeug - also beim "bewegten" Dialog - sind weitere Eigenschaften in Betracht zu ziehen, die den reinen Leistungsvergleich modifizieren: Ein kritisches Merkmal ist etwa die Zerlegbarkeit eines kompletten Bedienaktes in Teilschritte, zwischen denen Phasen zur Erledigung höherwertiger Aufgaben eingelegt werden können. Dies würde erlauben, auch während der Betätigung Blicke auf das Verkehrsgeschehen zu werfen - vorausgesetzt, die kurzzeitig unterbrochene Tätigkeit ist danach ohne Probleme fortsetzbar.

Unter diesem Gesichtspunkt wäre ein gutes Qualitäts- oder Sicherheitskriterium die **kürzeste Blickabwendung vom Verkehr während der Bedienung**, wobei richtige Funktionswahl günstig wäre. In diesem Sinne sind auch längere Gesamtbedienzeiten tolerierbar.

Als abhängige Variablen werden erhoben:

- Fahrgüte: Sie umfaßt Lenkgenauigkeit, Reaktionszeiten auf Brems- und Blinksignale des Führungsfahrzeuges. Sie wird fortlaufend erhoben und für die Auswertung unterteilt in Phasen mit und ohne Funktionsaufruf.
- Zeitbedarf für Funktionswahlen, insgesamt und aufgelöst nach Teilschritten.
- Richtigkeit der durchgeführten Funktionswahl.
- Augenbewegungen (Dauer, Häufigkeit, durchschnittliche Blickdauer, längste Blickabwendung) während der Fahrt und während der Tastaturbetätigung.
- Feinanalyse derjenigen Augenbewegungen, die der Funktionswahl vorausgehen, dem Ablesen von Information dienen (Suche nach entscheidungsrelevanter Information) und die auf den Tastendruck folgen (Kontrollblicke, z.B. als Maß der subjektiven Sicherheit bei der zu treffenden Entscheidung).

- Einstellung des Probanden zur jeweiligen Art der Steuerung.
- Vergleichende Beurteilung der Steuerungsarten Cursor, Hardkey, Softkey und Spracheingabe durch den Probanden.

8.4.12. Stichprobe

Die vollständige Variation der Abfolge von 4 Tastaturen und zwei Versuchsfilmen ergibt 48 verschiedene Möglichkeiten.

Unsere Stichprobe umfaßt 36 Versuchspersonen, bei 24 Personen wurde die Abfolge der Tastaturen und der Filme ausbalanciert, bei weiteren 12 nur die Abfolge der Tastaturen. Die Probanden sind in verschiedenen Berufen tätig (keine Schüler, Studenten, etc.), verfügen über eine Fahrerfahrung von mindestens 30.000 km und besitzen ein eigenes Fahrzeug. Jede Versuchsperson führt das Experiment in allen vier Versuchsbedingungen durch.

8.5. Ergebnisse

8.5.1. Richtige Handlungsausführung bei den verschiedenen Bedienversionen

Während der Fahrt werden den Probanden verschiedene Aufgaben gestellt, z.B. das Radio lauter zu stellen (vgl. 8.4.9). In Abbildung 8.9. ist die Anzahl der richtigen (von 72 möglichen) Handlungsausführungen dargestellt. Obwohl die Unterschiede statistisch nicht signifikant sind (Prüfverfahren: Chi-Quadrat-Test), zeichnet sich doch ein bemerkenswerter Trend ab:

Die meisten richtigen Reaktionen liegen bei der Spracheingabe vor, gefolgt von Softkey und der Kombination aus Hardkey + Cursor. Deutlich an letzter Stelle liegt die Cursor-Steuerung.

Die Radiobedienung fällt am leichtesten, am schwierigsten zu bedienen ist die Klimaregelung.

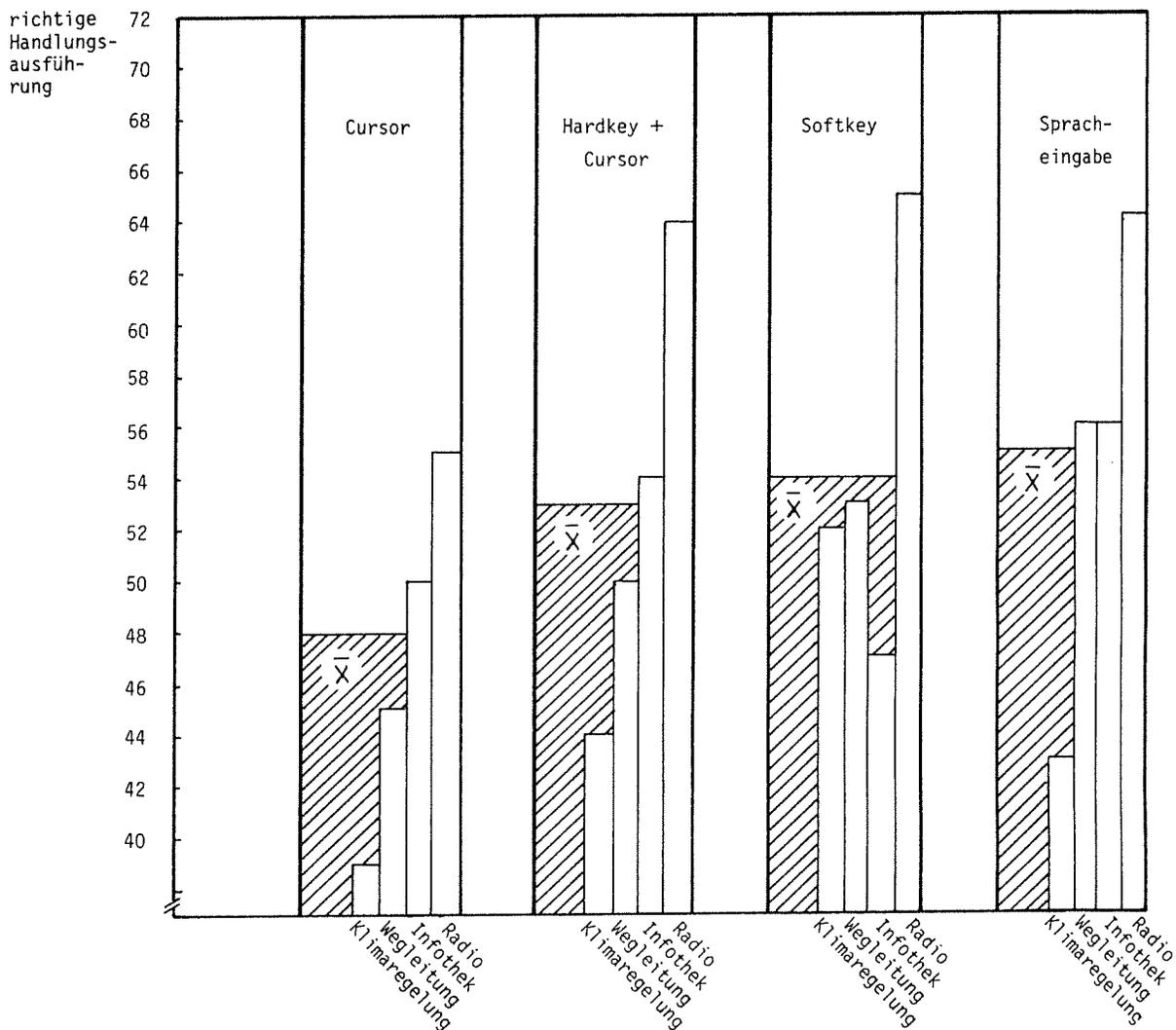


Abb. 8.9: Anzahl der richtigen Handlungsausführungen von jeweils 72 möglichen

Interessant ist, in wievielen Teilschritten der Proband zur Erfüllung der gestellten Aufgabe kommt. In Abbildung 8.10. ist dies beispielhaft für die Aufgabe "warme Luft nach unten" aufgetragen. Bei zwei Lösungsschritten regelt der Proband Heizung und Luftverteilung, bei drei Lösungsschritten kommt noch das Gebläse hinzu. Die Reihenfolge wurde bei dieser Analyse nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse sind erstaunlich: Softkey und Spracheingabe verzeichnen die meisten dreischrittigen Lösungen, obwohl sie die kürzeste Blickzuwendung aufweisen, wie wir später sehen werden. Die Anzahl der Lösungsschritte ist somit nicht abhängig von der Dauer der Blickzuwendung.

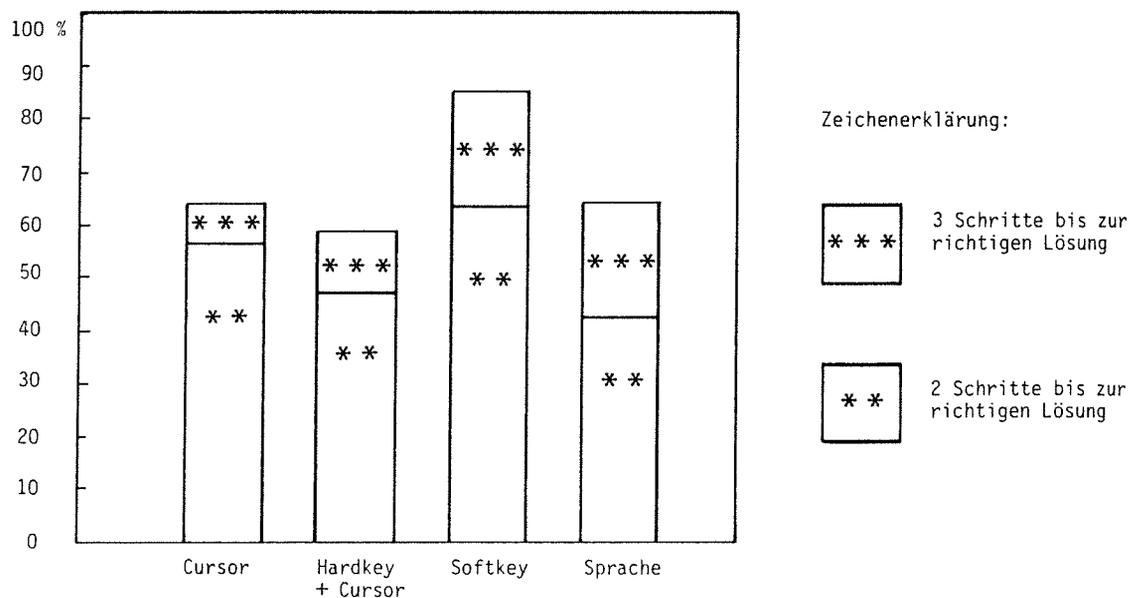


Abb. 8.10: Analyse der Handlungsschritte bei der Aufgabe "warme Luft nach unten", n = 36 je Versuchsbedingung

8.5.2. Zeitbedarf bis zur richtigen Handlungsausführung bei den verschiedenen Bedienversionen

Abbildung 8.11. verdeutlicht, wie die Reaktionszeiten gemessen und welche Begriffe verwendet werden:

Die Messung beginnt mit dem Ende des "kritischen Wortes", d.h. des Wortes, nach dem die Versuchsperson ihre Aufgabe im Prinzip kennt. Bei der Frage "Ist die Öltemperatur in Ordnung?" weiß sie nach Abschluß des Wortes "Öltemperatur", daß es um die Überprüfung dieses Parameters geht. Auf der Zeitachse folgen nun verschiedene Meßpunkte, ausgelöst durch Tastendruck oder Rändeln. Zwischen dem Beginn der Zeitmessung und dem ersten Tastendruck liegt die Zeit, die zum Verstehen der Aufgabe, zum Überlegen, Lesen des Displays usw. benötigt wird. Der Zeitabschnitt zwischen Beginn der ersten Betätigung und Ende der Betätigung (letzter richtiger Tastendruck oder Rändeln) wird als "reine Arbeitszeit" bezeichnet.

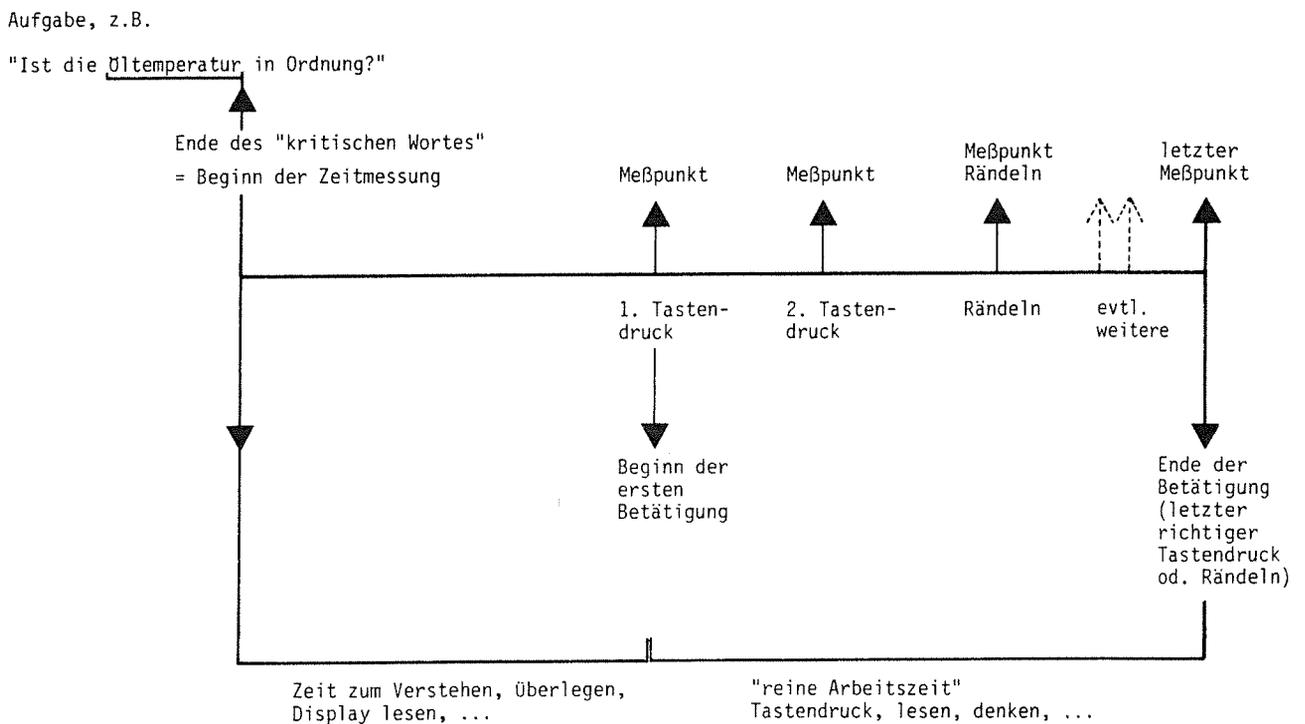


Abb. 8.11: Erläuterung der Reaktionszeitmessung und der Begriffe

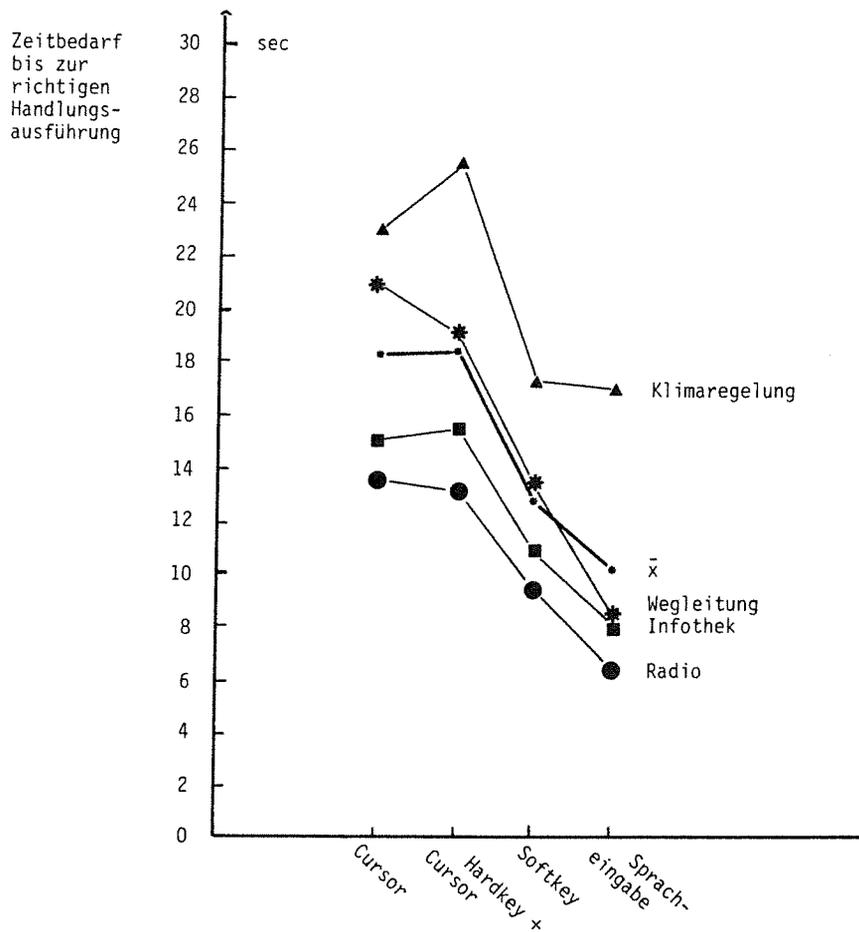


Abb. 8.12: Zeitbedarf bis zur richtigen Handlungsausführung

In Abbildung 8.12. ist der **Zeitbedarf bis zur richtigen Handlungsausführung** dargestellt (vom Beginn der Zeitmessung bis zum Ende der Betätigung). Den geringsten Zeitbedarf hat die Spracheingabe zu verbuchen, etwas mehr Zeit benötigt die Softkey-Lösung, an dritter Stelle steht (im Mittel) der Cursor, den größten Zeitbedarf erfordert die Kombination aus Hardkey + Cursor (Mittelwert 18 sec). Diese Beziehung gilt im Prinzip auch für die einzelnen Aufgaben (Bedienung des Radios, usw.). Für die Radiobedienung ist der Zeitbedarf am geringsten, am höchsten ist er für die Klimaregelung - wir können hier die Parallele zur Anzahl richtiger Handlungen ziehen.

Tabelle 8.2. zeigt, daß außer zwischen Cursor- und Hardkey-/Cursor-Steuerung nahezu alle Unterschiede statistisch signifikant, z.T. sogar hochsignifikant, sind:

Vergleich zwischen:	Versuchssituationen					Gesamt
	Klima	Wegl.	Info	Radio		
Cursor - Hardkey + C.	--	--	--	--	--	} sig.
Cursor - Softkey	.01	.000	--	.05	.000	
Hardkey + C - Softkey	.000	.000	.02	--	.000	
Cursor - Spracheingabe	.01	.000	.000	.000	.000	
Hardkey + C - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	
Softkey - Spracheingabe	--	.000	.05	--	.000	

Tab. 8.2.: Zeitbedarf bis zur richtigen Handlung.
 Prüfung der Unterschiede auf Signifikanz.
 Angegeben ist das Signifikanzniveau,
 -- bedeutet "nicht signifikant".
 Prüfverfahren: t-Test bzw. Varianzanalyse

Es ist nun zu prüfen, ob ein **Geschwindigkeits-/Genauigkeitsdilemma** vorliegt. In diesem Falle wären unter einer Versuchsbedingung zwar viele richtige Handlungen zu verzeichnen, jedoch nur für den Preis hohen Zeitbedarfs. Optimal sind aber viele richtige Handlungen bei geringem Zeitbedarf: Ein Vergleich der Balkendiagramme in Abbildung 8.13. (Zeitbedarf) und Abbildung 8.9. (Anzahl richtiger Handlungen) ergibt: die meisten richtigen Handlungen erfolgen auch bei der Bedienart, die die kürzeste Zeit erfordert. Die Spracheingabe schneidet am günstigsten ab, gefolgt von der Softkey-Steuerung.

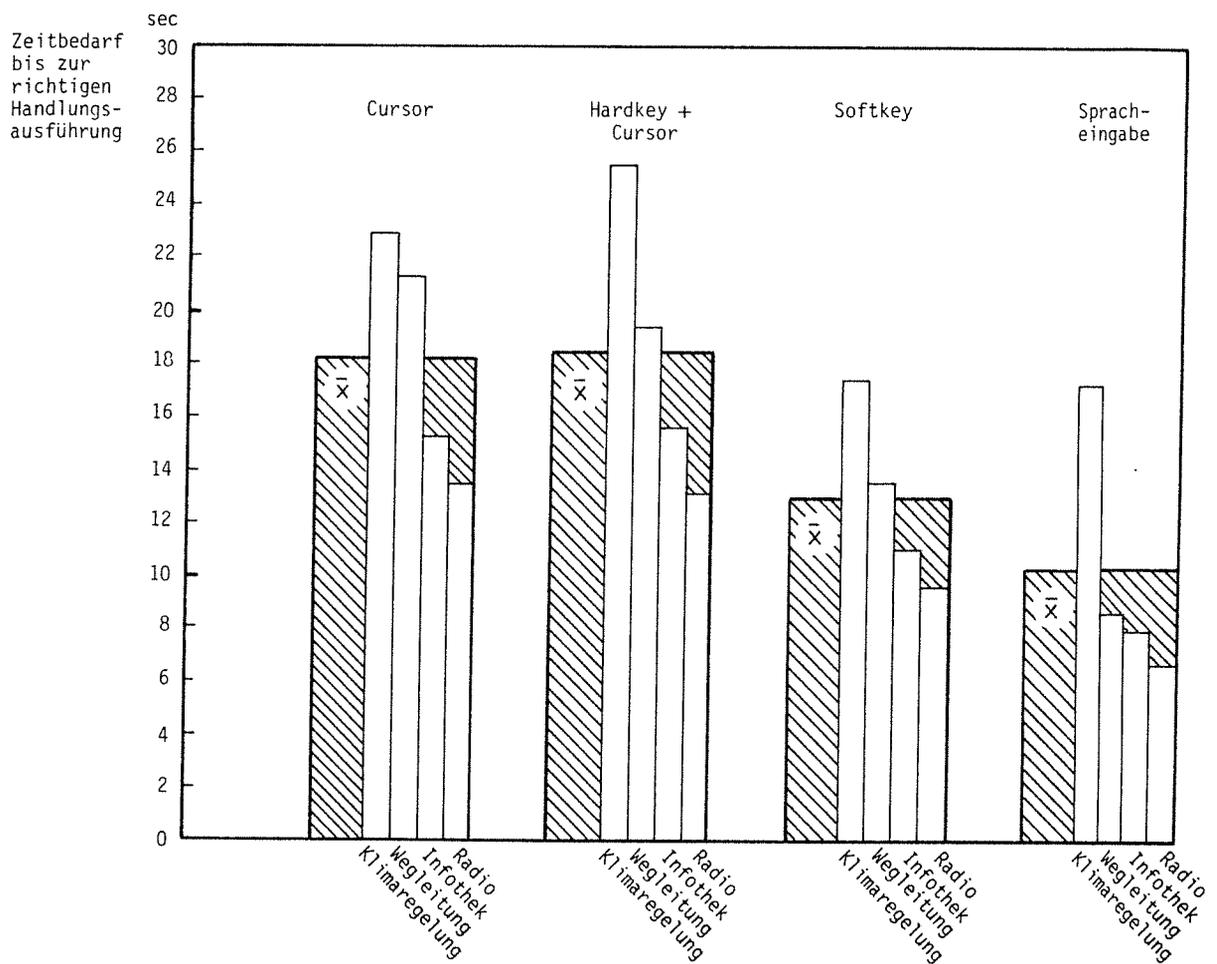


Abb. 8.13: Zeitbedarf bis zur richtigen Handlungsausführung

Was die **"reinen Arbeitszeiten"** (Zeitspanne zwischen erstem Tastendruck und letzter Betätigung) betrifft, so sehen wir aus Abbildung 8.14., daß die Softkeylösung von den Tastaturen am besten abschneidet. Die Zeiten liegen bei der Radiobedienung um 4 Sekunden, bei der Klimaregelung, die die doppelte Menge von Bedienhandlungen erfordert (Heizung + Luftverteilung), um 11 Sekunden.

Die Cursorsteuerung erfordert bei der Klimaregelung einen Zeitbedarf von 19 Sekunden, das sind 70 % mehr als die Softkey-Steuerung. Auch die Variante Hardkey + Cursor schneidet nicht gut ab.

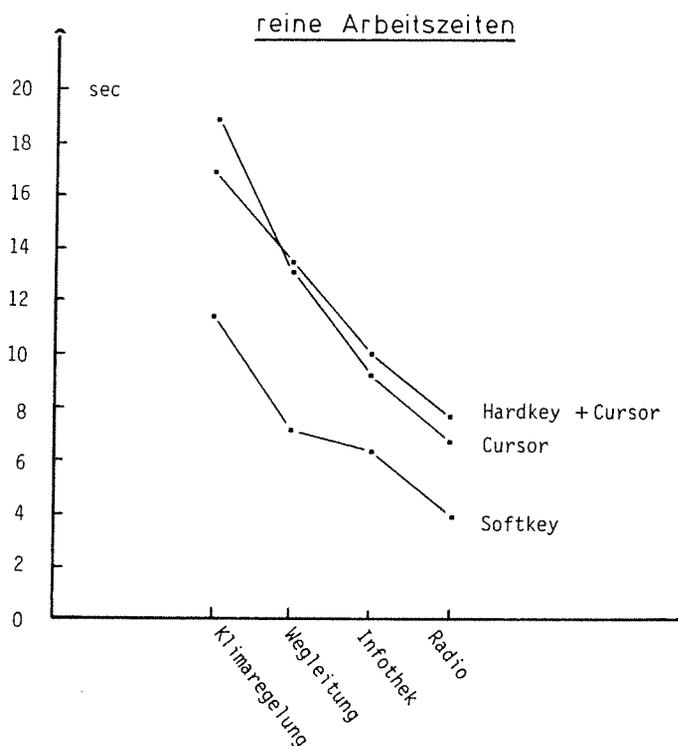


Abb. 8.14: Reine Arbeitszeiten (in sec)

Eine **Feinanalyse der Reaktionszeitdaten** ermittelt die Werte für jeden einzelnen Bedienvorgang. Wir zeigen die Daten exemplarisch für Klimaregelung und Wegleitung (Aufgabe: Zielwahl), jeweils erhoben in Bremssituationen (Abbildung 8.15).

Die Entscheidungszeit bis zur ersten Betätigung ist bei Hard- und Softkey-Bedienung in etwa gleich lang, doch kommt die Softkey-Lösung wesentlich schneller zu einer abgeschlossenen Bedienhandlung. Ursache dafür kann die erforderliche Umstellung von der Hardkey- zur Cursorbedienung sein, wohingegen der Benutzer beim Softkey innerhalb eines Systems bleibt.

Sehr bemerkenswert ist der minimale Zeitaufwand, den die Feinregulierung der Heizung mit Hilfe des Rändelrads erfordert (warm/kalt bzw. Luftverteilung oben/unten). Die Zeiten verdeutlichen, daß die Probanden

- schnell erfaßten, daß die den Regler bedienen mußten,

- sich schnell von der Tastenbetätigung auf die analoge Regulierung umstellen konnten
- und schnell erfaßten, in welche Richtung die drehen müssen (Selbsterklärungs-fähigkeit des Bedienelements).

Wir können daraus folgern: Das optimal angebrachte, kontinuierlich verstellbare Rändelrad ist sowohl für kontinuierlich Regulierung (z.B. Wärme, Lautstärke), als auch für diskrete Einstellung (Luft oben, Luft unten) hervorragend geeignet.

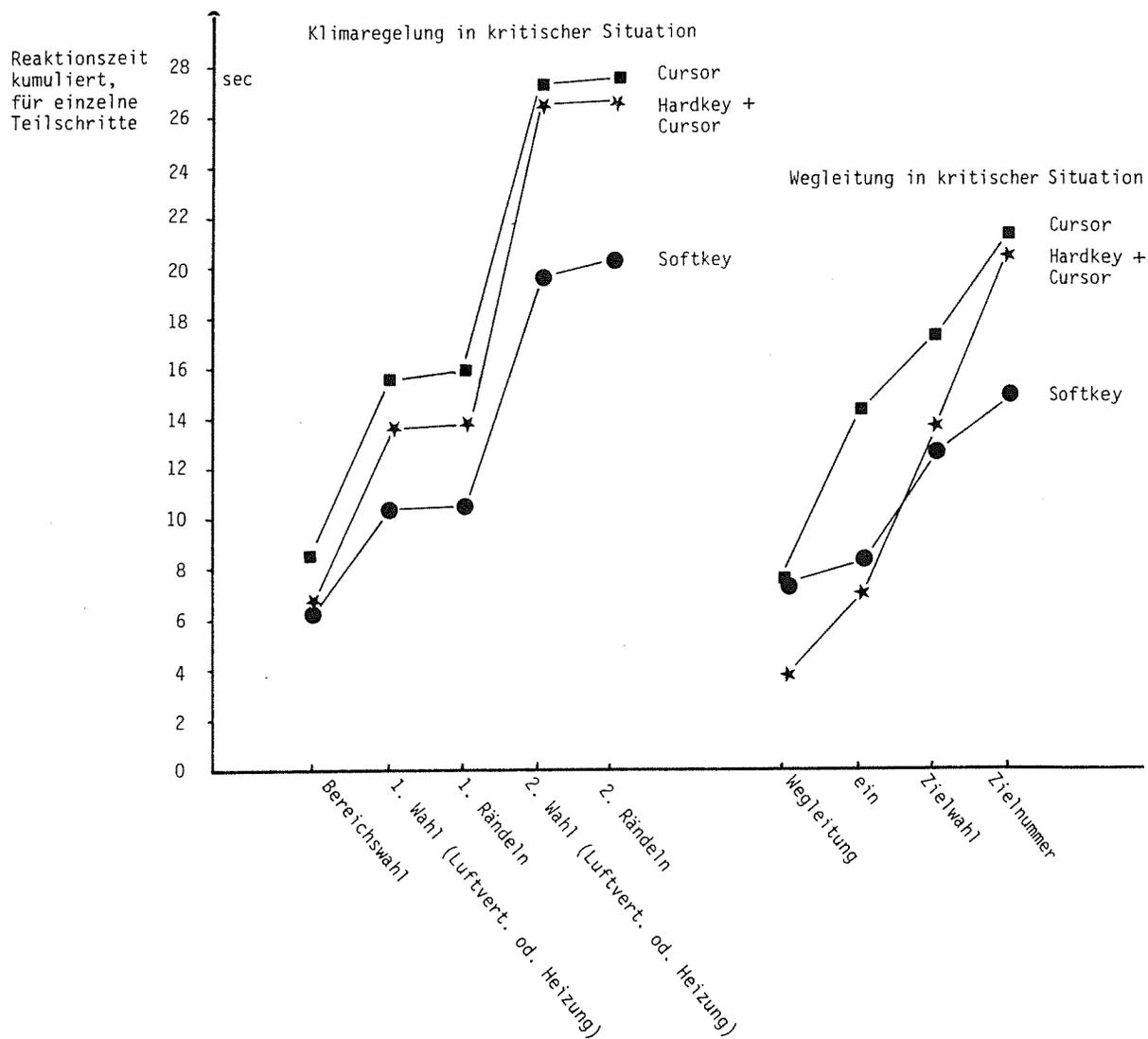


Abb. 8.15: Feinanalyse der Reaktionszeitdaten, am Beispiel der Klimaregelung und der Wegleitung

8.5.3. Analyse des Blickverhaltens bei den verschiedenen Bedienversionen

Die **Blickdauer** umfaßt den Zeitabschnitt der Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen, im Versuch konkretisiert durch Blickabwendung von der Leinwand. Die kürzeste Blickabwendung mit durchschnittlich 3 Sekunden ist erwartungsgemäß bei der Spracheingabe zu verzeichnen. Von den nicht-sprachlichen Bedienversionen steht der Softkey mit ca. 7 sec an erster Stelle, die Cursorstatur und die Kombination von Hardkey + Cursor folgen mit ca. 9 sec. Blickabwendung.

Abbildung 8.16. zeigt ebenfalls, daß die Klimaregelung bei allen untersuchten Versionen die längste Blickdauer erfordert, die Radioeinstellung benötigt die kürzeste (Wegleitung und Infothek liegen dazwischen).

In Tabelle 8.3. ist die Prüfung auf statistische Unterschiede dargestellt. Hochsignifikante Differenzen ergeben sich insbesondere zwischen den manuellen und der sprachlichen Bedienversion, aber auch zwischen Softkey und den anderen Versionen bestehen meist bedeutsame bis höchst signifikante Unterschiede.

Vergleich zwischen:	Versuchssituationen					Gesamt
	Klima	Wegl.	Info	Radio		
Cursor - Hardkey + C.	--	--	--	--	---	} sig.
Cursor - Softkey	.01	.000	.02	--	.000	
Hardkey + C - Softkey	.02	.000	--	--	.000	
Cursor - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	
Hardkey + C - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	
Softkey - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	

Tab. 8.3.: Blickdauer
 Prüfung der Unterschiede auf Signifikanz.
 Angegeben ist das Signifikanzniveau,
 -- bedeutet "nicht signifikant".
 Prüfverfahren: t-Test bzw. Varianzanalyse

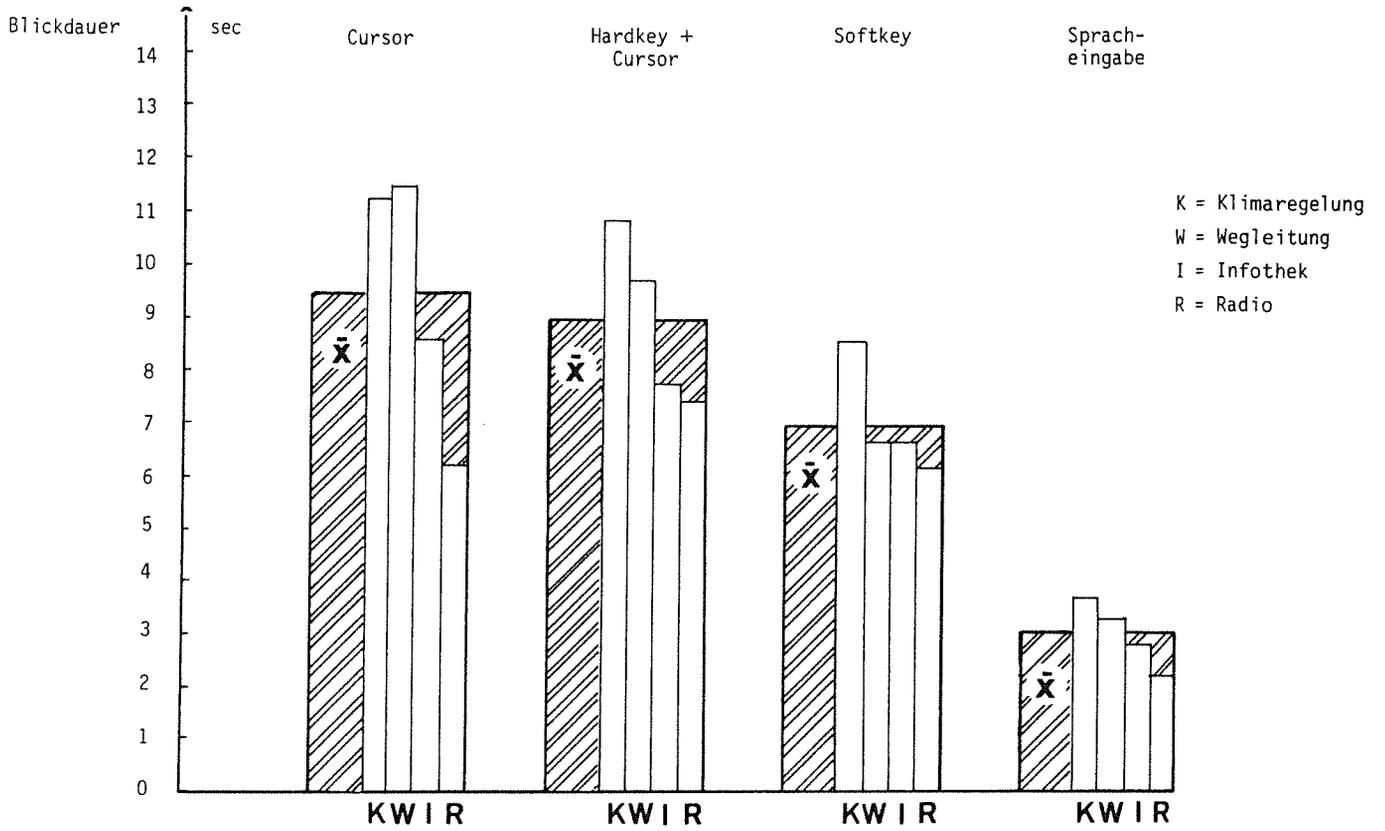


Abb. 8.16: Blickdauer (in sec)

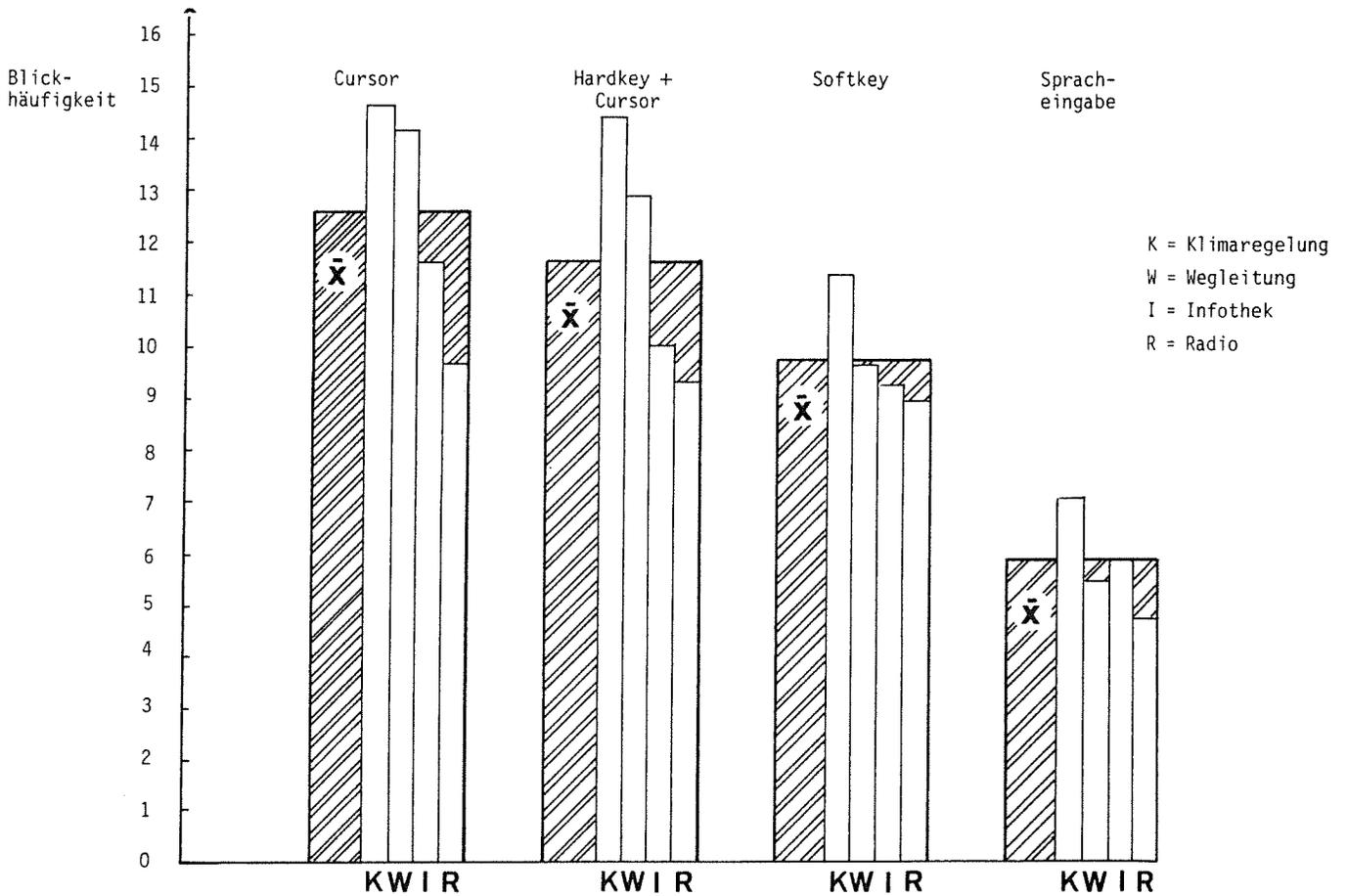


Abb. 8.17: Blickhäufigkeit

Auch die **Blickhäufigkeit** wurde registriert: Am häufigsten wird der Blick bei der Cursor-Version nach unten gerichtet, an zweiter Stelle steht die Kombination aus Hardkey + Cursor, gefolgt von der Softkey-Steuerung. Die wenigsten Blicke nach unten erfolgen bei der Spracheingabe (vgl. Abb. 8.17.)

Tabelle 8.4. gibt die Ergebnisse der statistischen Prüfung wieder, die denen der Blickdauer entsprechen:

Vergleich zwischen:	Versuchssituationen				Gesamt	
	Klima	Wegl.	Info	Radio		
Cursor - Hardkey + C.	--	--	--	--	--	} sig.
Cursor - Softkey	.02	.000	.05	--	.000	
Hardkey + C - Softkey	.01	.000	--	--	.01	
Cursor - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	
Hardkey + C - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	
Softkey - Spracheingabe	.000	.000	.000	.000	.000	

Tab. 8.4.: Blickhäufigkeit
 Prüfung der Unterschiede auf Signifikanz.
 Angegeben ist das Signifikanzniveau,
 -- bedeutet "nicht signifikant".
 Prüfverfahren: t-Test bzw. Varianzanalyse

Für die Beurteilung, ob eine Bedienversion unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit besonders günstig oder ungünstig abschneidet, ist außerdem die **durchschnittliche Blickdauer** interessant. Sie errechnet sich aus dem Quotienten von Blickdauer und Blickhäufigkeit. In Abbildung 8.18. sind die Ergebnisse graphisch dargestellt. Wir erkennen hier, daß ein durchschnittlicher Blick bei allen taktilen Bedienversionen zwischen 0,7 und 0,8 sec dauert, bei der Spracheingabe dagegen nur 0,5 sec.

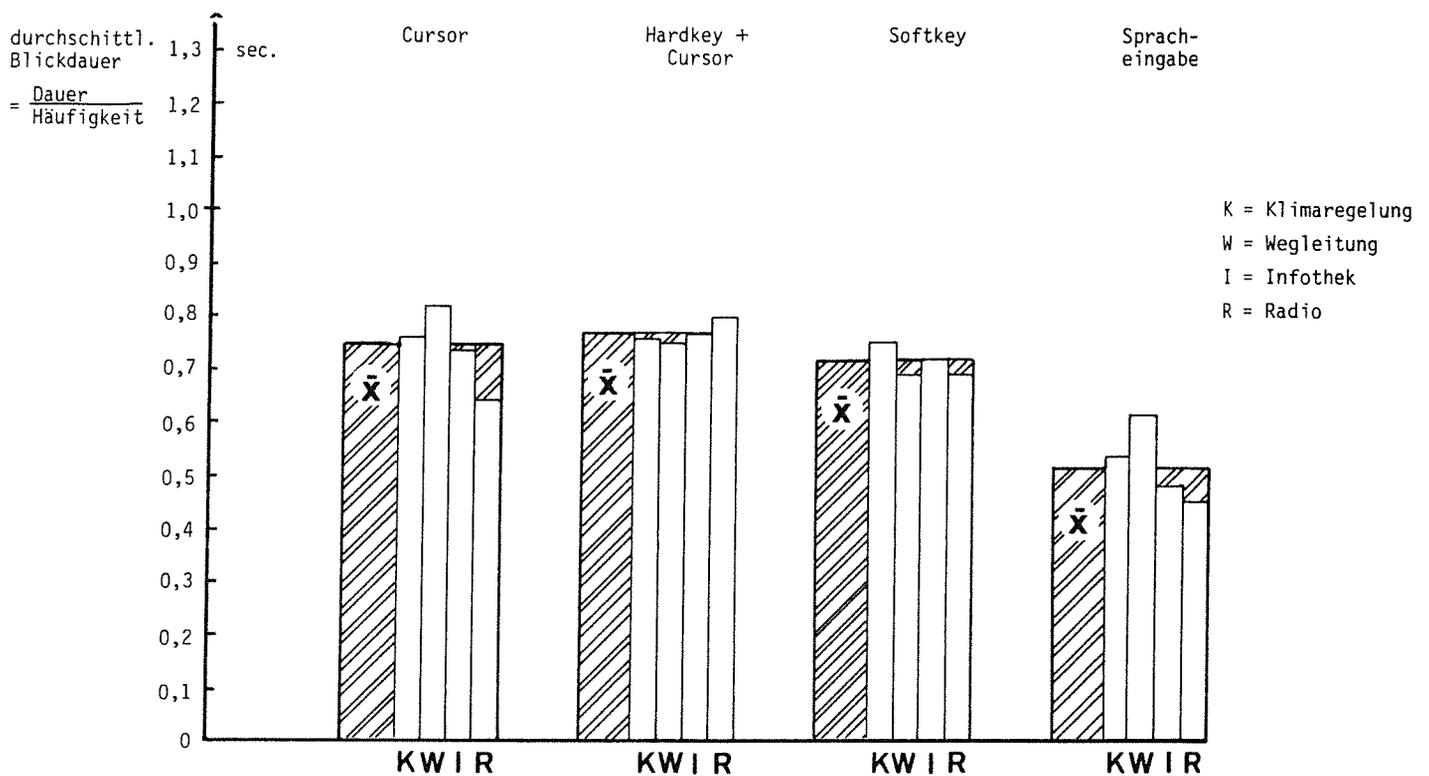


Abb. 8.18: Durchschnittliche Blickdauer (in sec)

Statistisch signifikante Unterschiede bestehen zwischen den vier Bedienversionen (Prüfverfahren: Varianzanalyse), sie begründen sich mit Differenzen insbesondere zwischen den manuellen Bedienversionen Cursor, Hardkey + Cursor, Softkey und der Spracheingabe (t-Test, $p \leq .000$), mit Ausnahme des Bereichs der Wegleitung (nicht sign.).

Die **längste Blickabwendung** von der Fahrbahn, ein für die Verkehrssicherheit ebenfalls sehr wichtiges Faktum, wird pro Bedienvorgang ermittelt. Sie erreicht, wie Abbildung 8.19. zeigt, bei der Cursorsteuerung und der Kombination aus Hardkey + Cursor ein Maximum von ca. 2 sec. Mit ca. 1,5 sec liegt sie beim Softkey etwas günstiger, der beste Wert (ca. 1 sec.) wird bei der Spracheingabe erreicht.

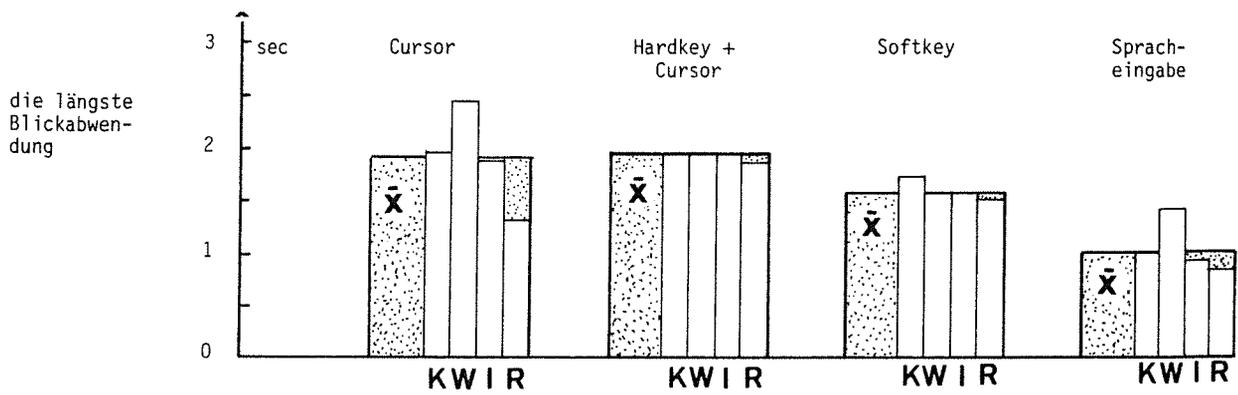


Abb. 8.19: Die längste Blickabwendung (in sec)

Zusammenfassend folgt aus der Analyse der Augenbewegungen, daß die Softkeylösung von den untersuchten taktilen Bedienelementen am günstigsten abschneidet, allerdings ist die Spracheingabe **allen** taktilen Lösungen überlegen.

8.5.4. Analyse der Fahrgüte bei den verschiedenen Bedienversionen

In die Fahrgüte fließen die Maße Bremsreaktion, Blinkreaktion und Lenkschlag beim Überholen ein. Diese Maße werden in sieben "kritischen" Verkehrssituationen erfaßt. Fünf dieser Situationen erfordern das gleichzeitige Bearbeiten einer Tastaturaufgabe.

Analysiert werden die Daten bezüglich des Kriteriums "keine Reaktion" und "zu späte Reaktion". Von einer zu spät erfolgten Reaktion sprechen wir, wenn die Brems- und Lenkreaktion nicht nach 2 Sekunden, die Blinkreaktion nicht nach 5 Sekunden erfolgt ist. Tabelle 8.5. zeigt die Häufigkeit beider Klassen:

Situation	Aufgabe	Bedienversion								Summe
		Curs.		Hard.		Soft.		Sprach.		
		z	k	z	k	z	k	z	k	
Bremsen	Wegleitung	2	13	0	16	1	11	1	3	47
Bremsen	Infothek	5	4	4	12	4	9	0	2	40
Bremsen	--	3	0	1	3	1	2	0	0	10
Überholen	Infothek	6	1	7	4	4	1	0	0	23
Überholen	Radio	5	0	0	0	4	0	0	0	9
Ausweichen	--	3	0	2	0	3	0	3	0	11
Bremsen, Ausweich.	Klima	2	4	0	14	2	7	0	1	30
<hr/>										
Anzahl		26	22	14	49	19	30	4	6	170
	in %	10	9	6	19	8	12	2	2	
Anzahl		48		63		49		10		170
	in %	19		25		19		4		

Tab. 8.5.: Analyse der Fahrgüte

k : keine Reaktion

z : Reaktion zu spät (RT > 2 sec / 5 sec.)

% : bezogen auf die Gesamtheit von 252 Reaktionsmöglichkeiten für alle Versuchspersonen
(36 Vpn x 7 Aufgaben = 252 Möglichkeiten)

Auffallend ist eine Verminderung der Fahrgüte, sobald eine Aufgabe an den Fahrer gestellt wird (Ausnahme: Radio).

Abbildung 8.20. zeigt die Daten in graphischer Darstellung. Bei der Spracheingabe sind kaum Fahrfehler zu verzeichnen, am dramatischsten ist der Anstieg fehlender und zu später Reaktionen bei der Kombination aus Hardkey + Cursor.

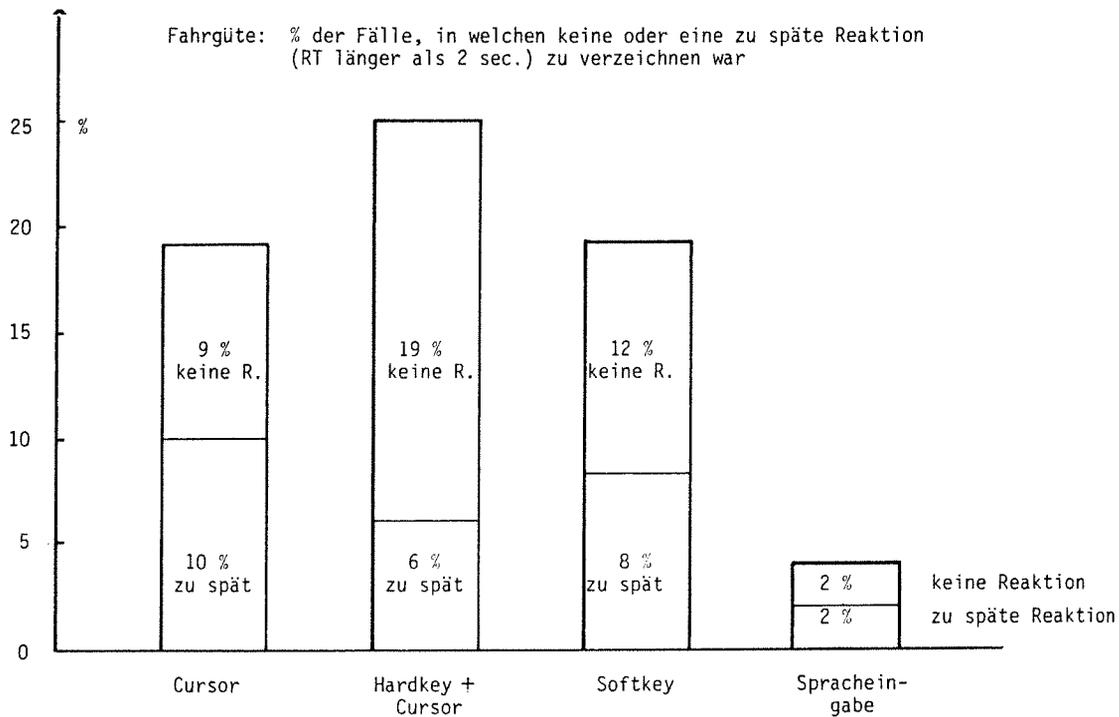


Abb. 8.20: Analyse der Fahrgüte: Prozentsatz der Fälle, in welchen keine oder eine zu späte Reaktion zu verzeichnen ist

Tabelle 8.6. enthält die Ergebnisse der statistischen Prüfung auf Unterschiede. Werden die vier verschiedenen Bedienversionen miteinander verglichen (Chi²-Test), so sind die Unterschiede signifikant, was keine und/oder zu späte Reaktionen betrifft. Werden die einzelnen Versuchssituationen hinsichtlich des Kriteriums "keine Reaktion" analysiert, so sind es die Bremssituationen, die signifikante Unterschiede ($p=.05$) zeigen, sobald eine zusätzliche Aufgabe hinzutritt (z.B. Wegleitung aufrufen).

Vp zeigt keine Reaktion		: p < 0.001
Vp zeigt späte Reaktion (> 2 sec.)		: p < 0.001
Späte & keine Reaktion		: p < 0.001
Vp zeigt keine Reaktion:		
Bremsen	+ Wegleitung	: p = .05
Bremsen	+ Infothek	: p = .05
Bremsen		: --
Überholen	+ Infothek	: --
Überholen	+ Radio	: --
Ausweichen		: --
Bremsen & Ausweichen	+ Klima	: p = .05

Tab. 8.6.: Fahrgüte

Prüfung auf Unterschiede zwischen den vier Versuchsbedingungen Cursor, Hardkey + Cursor, Softkey, Spracheingabe

-- bedeutet: "nicht signifikant"

Prüfverfahren: χ^2 -Test

Eine genauere Betrachtung der χ^2 -Anteile macht deutlich, daß die Signifikanz hauptsächlich durch die Abweichungen von den erwarteten Häufigkeiten bei Spracheingabe (weniger fehlende und zu späte Reaktionen als erwartet), Cursor (mehr zu späte Reaktionen als erwartet) bzw. Hardkey + Cursor (stark erhöhte Anzahl fehlender Reaktionen) bedingt ist.

Da die erwartete Fehlerhäufigkeit sehr stark durch die Bedingung "Spracheingabe" beeinflußt wird, scheint es darüberhinaus sinnvoll, einen zweiten Vergleich durchzuführen, der nur die homogenere Gruppe der 3 Tastaturlösungen berücksichtigt. Signifikant ($p \leq 5\%$) ist hier nur der Unterschied in der Kategorie "keine Reaktion". Er beruht in erster Linie auf der Abweichung zu der Bedingung Hardkey + Cursor, die auch in der Häufigkeitstabelle am deutlichsten hervortritt.

8.5.5. Die verschiedenen Bedienversionen in der subjektiven Beurteilung

Nachdem die Versuchsperson jeweils eine Bedienversion experimentell erprobt hat, äußert sie ihre Einstellung zu der eben erlebten Version auf einer siebenstufigen Skala für jeweils 15 Adjektivpaare (vgl. 8.4.10).

Aus diesen individuellen Einstellungsprofilen läßt sich nun

- der **Median** für jedes Item (über alle Versuchspersonen) und
- der **Einstellungsgesamtscore**, ermittelt über alle Items pro Versuchsperson berechnen.

Abbildung 8.21. zeigt den **Median der Einstellung**:

Am positivsten wird die Spracheingabe beurteilt: der Median liegt zwischen +2 und +1, nur die Items "nötig" und "wichtig" sind in der neutralen Mitte angesiedelt.

Von den manuellen Bedienelementen werden die Softkeys am günstigsten eingeschätzt: der Median liegt bei den meisten Items auf +1, doch ist auch eine negative Wertung (-1) zu verzeichnen: der Softkey wird als ablenkend empfunden.

Die Cursorsteuerung wird ähnlich wie die Hardkey- + Cursorlösung gewertet: Bei beiden liegen die Mediane zweier Items im negativen Bereich (-1), sie werden als belastend und ablenkend erlebt.

Der **Einstellungsgesamtscore**, der sozusagen einen Meinungs-Mittelwert pro Versuchsperson darstellt, ist in Abbildung 8.22. dargestellt:

Alle Versuchspersonen beurteilen die Spracheingabe positiv, der Verteilungsgipfel liegt im Bereich von +1,5 bis +2,5.

Bei den Tastaturen reicht das Meinungsbild auch in den negativen Bereich, wobei der Softkey mit seinem Maximum im Bereich von +0,5 und +1,5 noch am günstigsten abschneidet.

Bei der Cursorsteuerung und der Hardkey- + Cursorlösung können wir fast von einer "Gleichverteilung" der Meinungen sprechen: manche finden sie gut, manche finden sie schlecht, die meisten Urteile gruppieren sich um die neutrale Mitte.

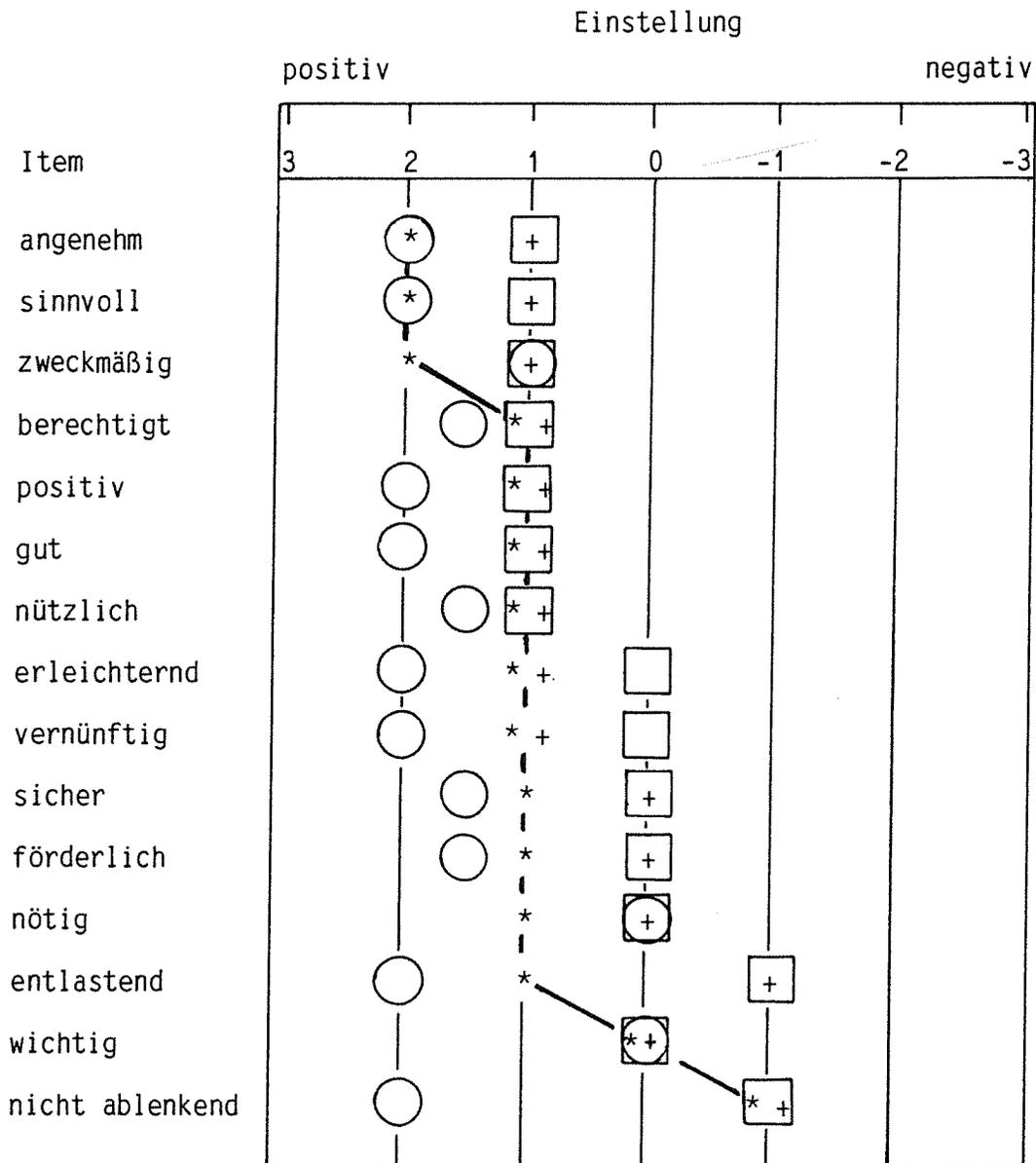


Abb. 8.21: Median der Einstellung zur

- Spracheingabe
- * Softkey-Steuerung
- + Cursor-Steuerung
- Hardkey- + Cursor-Steuerung

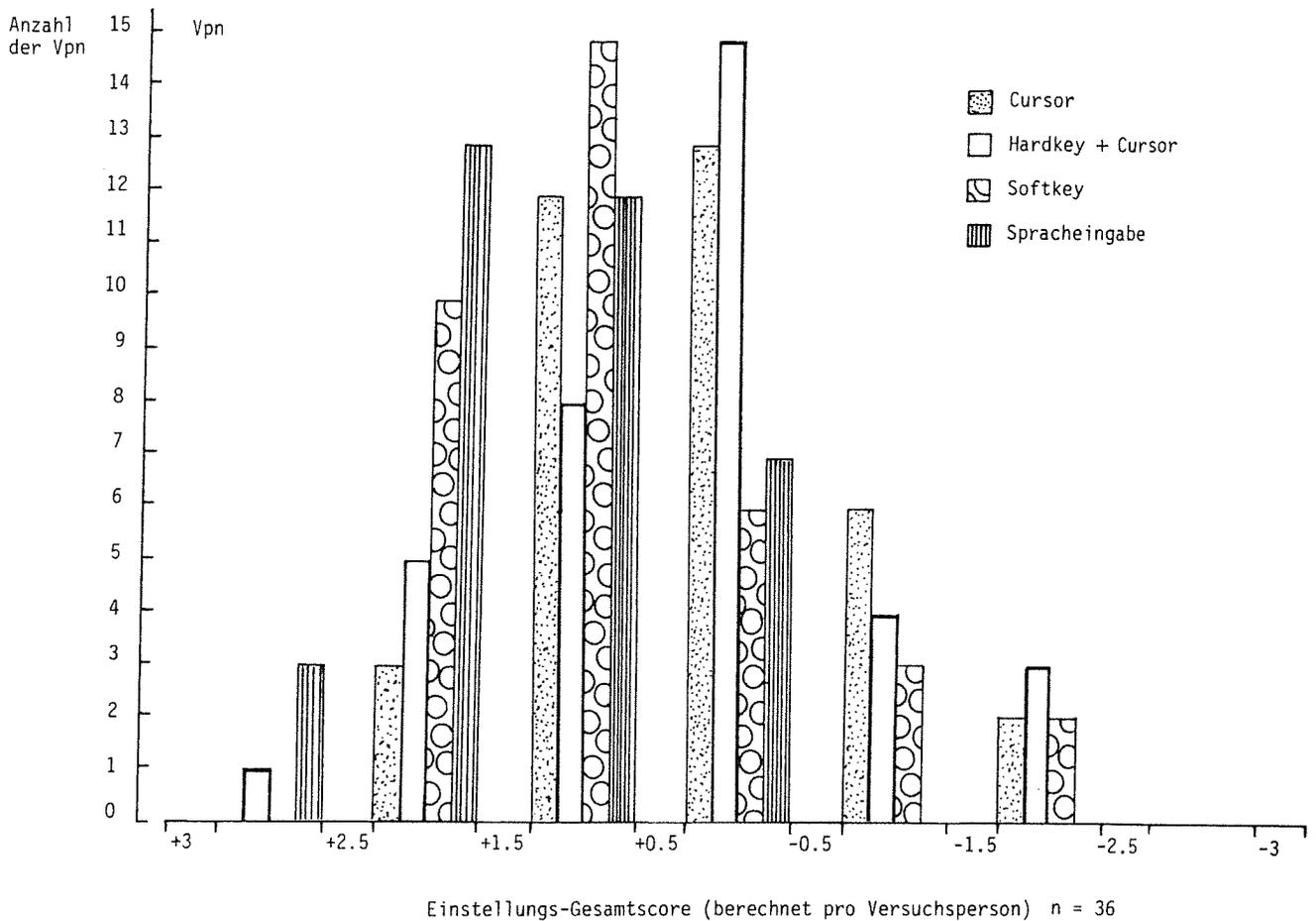


Abb. 8.22: Einstellungs-Gesamtscore, berechnet pro Versuchsperson (n = 36)

Wie sieht nun das Urteil der Probanden aus, wenn sie nach dem Versuch, **nach** Kenntnis aller vier Bedienversionen, diese in eine Rangreihe bringen sollen?

Als "beste Art der Bedienung" wird von 50 % der Probanden die Spracheingabe genannt und von 33 % der Softkey. Dagegen werden Cursor und Hardkey + Cursor verstärkt auf Platz Drei und Vier verwiesen. Tabelle 8.7. und Abbildung 8.23. verdeutlichen diesen Sachverhalt:

Arten der Bedienung	Beurteilung				\bar{x}	Modus
	beste	2.	3.	4.		
Spracheingabe	50	36	11	3	1,7	1
Softkey	33	31	14	22	2,3	1
Cursor	6	19	39	36	3	3
Hardkey + Cursor	11	14	36	39	3	4

Tab. 8.7.: Rangreihe der vier im Versuch getesteten Bedienversionen

Beurteilung der Versuchspersonen: ... die beste Art der Bedienung: 1.
... die zweitbeste Art der Bed.: 2.

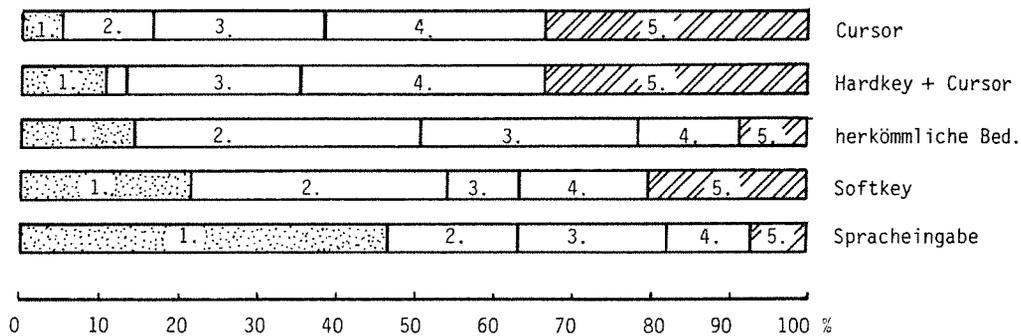
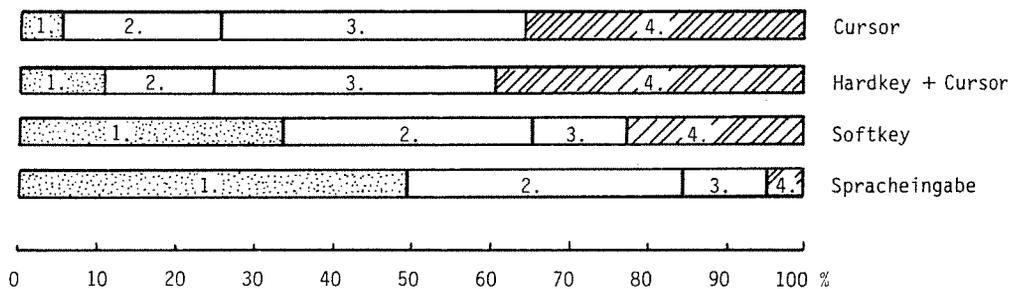


Abb. 8.23: Vergleichende Beurteilung der Bedienversionen

Beurteilung der Vpn:

... die beste Art der Bedienung: 1.

... die zweitbeste Art der Bedienung: 2.

...

Soll die herkömmliche Art der Bedienung ebenfalls bebrücksichtigt werden, so ergibt sich die folgende Rangreihe (Tabelle 8.8. und Abbildung 8.23):

Arten der Bedienung	Beurteilung					\bar{x}	Modus
	beste	2.	3.	4.	5.		
Spracheingabe	47	17	19	11	6	2,1	1
herkömmliche Bedien.	14	36	28	14	8	2,7	2
Softkey	22	33	8	17	20	2,8	2
Cursor	6	11	22	28	33	3,7	5
Hardkey + Cursor	11	3	22	31	33	3,7	5

Tab. 8.8.: Rangreihe der vier im Versuch getesteten Bedienversionen, sowie der im eigenen Fahrzeug realisierten herkömmlichen Bedienung

Die Spracheingabe wird nach wie vor von etwa der Hälfte der Probanden als beste Bedienmöglichkeit gesehen, ein Viertel sieht die Softkey-Tastatur als günstigste Lösung und nur 14 Prozent die herkömmlichen Bedienelemente (wie sie im momentan gefahrenen Fahrzeug realisiert sind). Allerdings nennen jeweils ein Drittel die herkömmliche Bedienung als zweitbeste Möglichkeit, ebenso viele, wie Softkeys an diese Stelle setzen. Falls also ein zentrales Bedienelement realisiert werden sollte, hätte Spracheingabe erste, und Softkey zweite Priorität.

Neben der globalen Einschätzung der Bedienelemente gibt die Detailanalyse der Daten interessante Aufschlüsse (siehe Tab. 8.9):

Die Spracheingabe wird für alle Funktionen als beste Bedienart angesehen. Bei neueren Systemen, wie Infothek und Wegleitung, rangiert die Softkey-Lösung an zweiter Stelle, während bei den bekannten Systemen die herkömmliche Bedienung an diese Position tritt. Da die Bedienung neuer Systeme sowieso erlernt werden muß, ist anzunehmen, daß der Benutzer in diesem Falle eher bereit ist, zusätzlich auch die Softkey-Bedienung zu erlernen, während er bei bekannten Systemen bevorzugt auf bekannte Bedienvorgänge zurückgreift.

Vor Einführung neuer Systeme ist daher abzuwägen, ob eine Vereinfachung vom Benutzer als solche erkannt und akzeptiert wird. Auch hier gilt der bekannte Satz der Lernpsychologie: Neulernen ist leichter als umlernen!

Bedienung	beste	zweite	dritte	vierte	fünfte
des Radios	Sprache	herkömml.	Softkey	Hardk.+Cur.	Cursor
der Klimafunkt.	Sprache * herkömml.		Softkey	Hardk.+Cur.	Cursor
der Infothek	Sprache	Softkey	Hardk.+Cur.	herkömml.	Cursor
der Wegleitung	Sprache	Softkey	Cursor * Hardk.+Cur.		herkömml.

Tab. 8.9.: Einschätzung der verschiedenen Bedienarten für die Funktionen Radio, Klima, Infothek und Wegleitung (* bedeutet Ranggleichheit)

Einstellung zum Rändelrad

Das Rändelrad als zentrales Bedienteil für kontinuierliche Regelung ist von besonderem Interesse. Wie wird es von den Probanden eingeschätzt? Zur Beurteilung werden drei Items auf einer siebenstufigen Skala vorgegeben: "sinnvoll", "angenehm" und "gut".

Abbildung 8.24a) zeigt die Einschätzung der Probanden.

89 % finden das Rändelrad "sehr gut" bis "gut", 89 % finden es "sehr sinnvoll" bis "sinnvoll", 92 % finden es "sehr angenehm" bis "angenehm". Für die Lautstärkeregelung wird das Rändelrad sogar von 95 % der Befragten für geeignet gehalten, doch auch für die Heizungsregelung (84 %), die Gebläseeinstellung (76 %) und die Regelung der Luftverteilung (73 %) gibt es beachtliche Zustimmung, wie Abbildung 8.24b) zeigt.

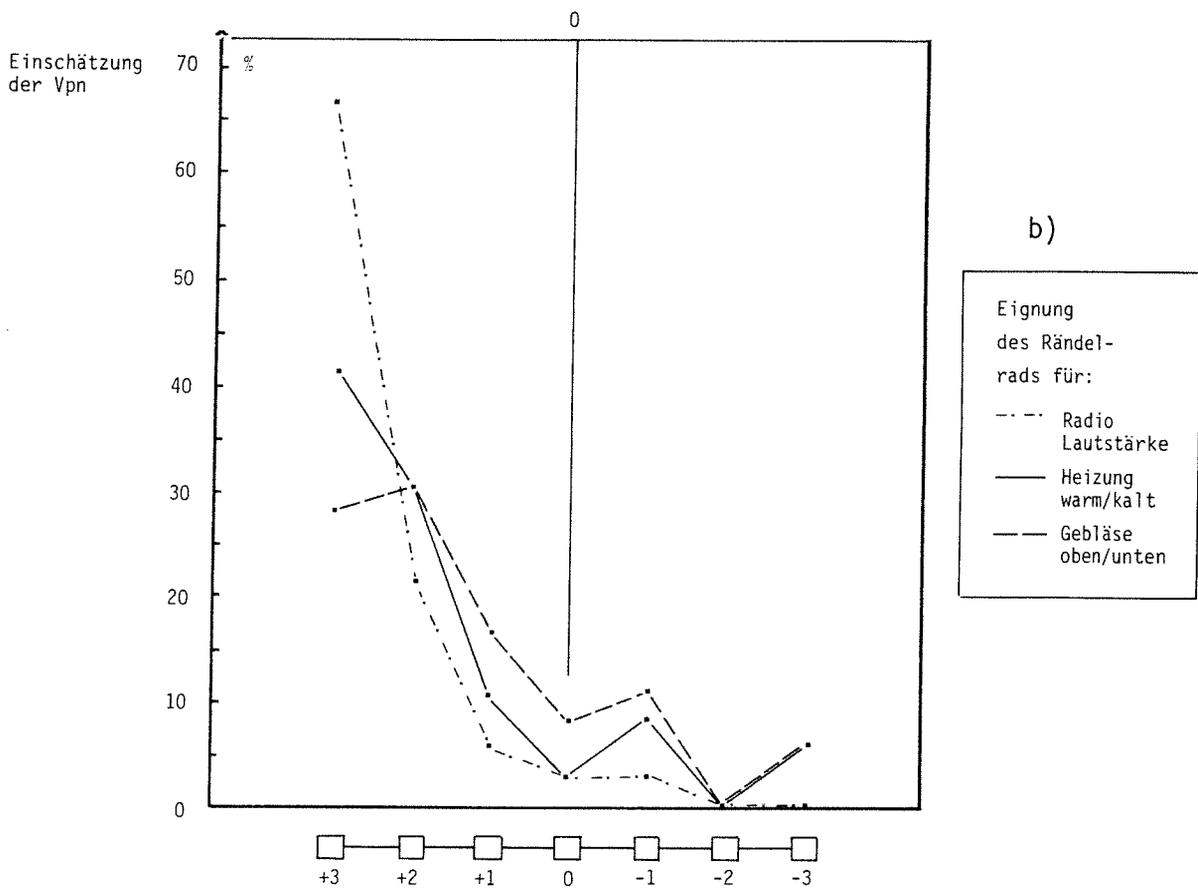
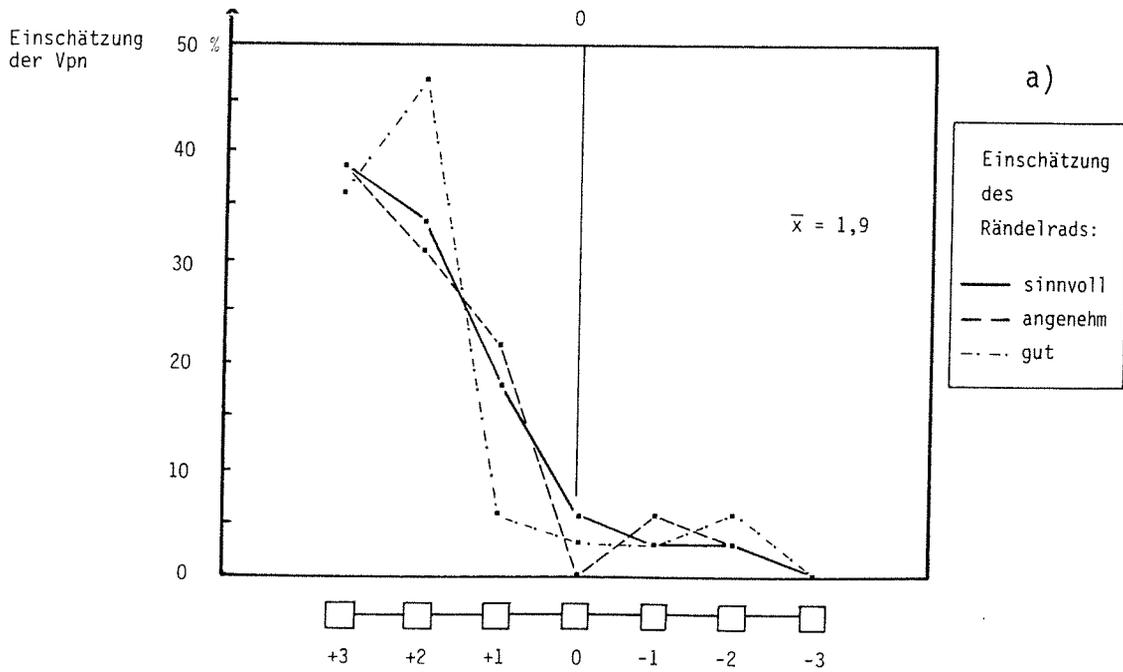


Abb. 8.24: Einstellung der Probanden zum Röhrenrad generell und Eignung des Röhrenrads für einzelne Systeme

Neuanschaffung:

Für den Fall, der Proband würde sich ein neues Fahrzeug kaufen, würden sich (Bedingung: sonst gleiches Fahrzeug, gleicher Preis):

- 36 % für ein Fahrzeug mit Spracheingabe
- 36 % für ein Fahrzeug mit Softkey
- 14 % für ein Fahrzeug mit herkömmlichen Bedienteilen
- 8 % für ein Fahrzeug mit Hardkey + Cursor
- 6 % für ein Fahrzeug mit Cursor

entscheiden.

Jeweils ein Drittel präferiert demnach die Spracheingabe bzw. die Bedienung mittels Softkey-Steuerung, während die Marktchancen für ein Fahrzeug mit herkömmlichen Bedienteilen, dem Urteil unserer Probanden zufolge, eher gering sind.

Mehrpreis:

47 % der Versuchspersonen wären allerdings nicht bereit, für das "Bedienelement nach Wunsch" mehr zu bezahlen. 25 % akzeptieren einen Mehrpreis bis 500.-- DM, 14 % zwischen 500.-- und 1.000.-- DM und 14 % mehr. Im Mittel wird ein Mehrpreis von 650.-- DM für angemessen gehalten. Einschränkung muß hier darauf hingewiesen werden, daß Einstellungserhebungen nicht einfach in Verhaltensprognosen umgesetzt werden können.

Wunschvorstellungen:

Die Frage, ob viel bzw. wenig Information im Fahrzeug gewünscht wird und ob die Bedienung zentral oder dezentral sein soll, wird wie folgt beantwortet:

- 56 % entscheiden sich für viele zusätzliche Möglichkeiten und ein zentrales Bedienelement.
- 17 % entscheiden sich für viele zusätzliche Möglichkeiten und eigens angeordnete Bedienelemente.
- 17 % entscheiden sich für wenig Möglichkeiten, jedes Bedienelement soll eigens angeordnet sein, und
- 11 % für wenig Möglichkeiten in zentraler Anordnung.

Die Benutzergruppe (17 %), die viel zusätzliche Information, diese jedoch in separat angeordneten Bedienteilen wünscht, stellt den Konstrukteur vor eine unlösbare Aufgabe. Interessant ist, daß nicht alle Probanden sich für eine Vermehrung der Information im Kraftfahrzeug aussprechen: immerhin 28 %, dies ist nahezu ein Drittel unserer Stichprobe, wünscht den sparsamen Umgang mit Information, selbst wenn die Möglichkeit zu einem verstärkten Angebot bestünde.

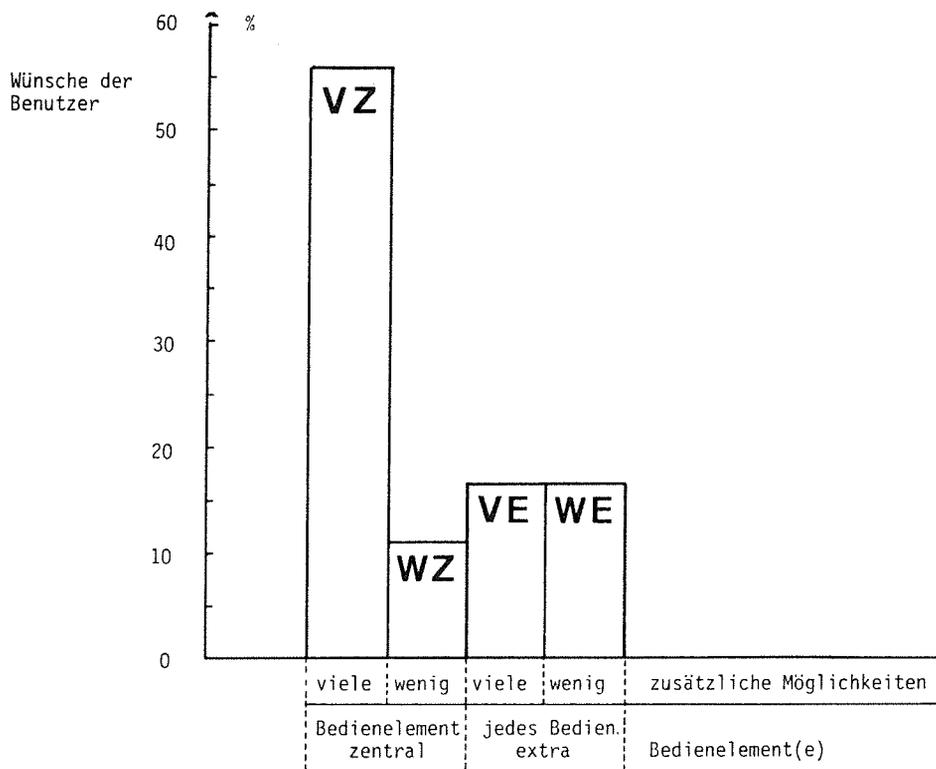


Abb. 8.25: Wünsche der Benutzer nach
 - viel bzw. wenig Information
 - zentralem bzw. dezentralen Bedienelement(en)

8.5.6. Vergleich zwischen Spracheingabe und herkömmlicher Bedienung im Kraftfahrzeug

Ein Vergleich des zentralen Bedienelements mit herkömmlichen Tastaturen war nicht primäres Ziel dieses Versuchs und hätte auch den Rahmen des Experiments gesprengt. Aufgrund der Ergebnisse eines Forschungsprojektes von FÄRBER, POPP & STAPF (1987) sind wir jedoch in der Lage, Vergleiche zwischen Spracheingabe und manueller Bedienung anzustellen.

In Versuchen, die im Fahrsimulator von Daimler-Benz in Berlin stattfanden, wurden die Bereiche Radio, Klima, Fenster und Telefon per Spracheingabe oder durch herkömmliche Betätigung bedient.

Die Auswertung ergab

- eine signifikant unruhigere Fahrweise bei der herkömmlichen Bedienung, verglichen mit der Spracheingabe (gemessen wurde die Seitenführung, d.h. die Varianz des Abstandes vom Straßenrand),
- die Vergrößerung des Abstands zum Vorausfahrenden bei manueller Bedienung (der Abstand sollte instruktionsgemäß gleich gehalten werden),
- deutlich verlängerte Reaktionen bei Ausweich- oder Bremsreaktionen bei herkömmlicher Bedienung, und dies, obwohl
- bei manueller Bedienung begonnene Handlungen signifikant häufiger unterbrochen werden als bei Spracheingaben, und zwar sowohl in belastenden, als auch in nicht belastenden Verkehrssituationen (a.a.O. S.119f).
- Die herkömmliche Art der Bedienung wird von den Versuchspersonen als belastender eingestuft als die Spracheingabe (a.a.O. S.122).

Aufgrund dieser Versuchsergebnisse sind Spracheingaben günstiger als die herkömmliche Art der Bedienung, ihr Einsatz ließe positive Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit erwarten (a.a.O. S.130).

Voraussetzung für diese Aussage ist allerdings, daß das System optimal, d.h. nach der inneren Struktur des Benutzers gestaltet ist.

So dauert das Erlernen des vorgegebenen Wortschatzes, den die Probanden zur Bedienung der vier Bereiche Radio, Klima, Telefon und Fenster benötigen, nur ca. 12 Minuten.

Akzeptiert das Spracherkennungs-System Synonyme zum gelernten Wortschatz (z.B. "Scheibe" statt "Fenster"), so können während des Versuchs bereits 89 % richtige Spracheingaben verzeichnet werden. Werden Synonyme nicht akzeptiert, so liegt die Trefferquote bei ca. 70 % (a.a.O., S.80). Würde kein Training des Wortschatzes durchgeführt, sondern nur der naive, umgangssprachliche Wortschatz der Benutzer verwendet und würde ein Spracherkennungs-System die zwei oder drei häufigsten Begriffe für einen Gegenstand akzeptieren (Fensterscheibe, Fenster, Scheibe), so läge die Trefferquote bei ca. 80 % (a.a.O., S.67).

Aufgrund der Befunde aus den beiden Forschungsprojekten läßt sich ableiten, daß ein zentrales Bedienelement in Form der Softkey-Steuerung und die Spracheingabe für die untersuchten Bereiche besser geeignet sind, als herkömmliche Bedienelemente. Ein generelles Konzept, welche Art der Bedienung für welche Funktion günstig ist, wird in 8.6. besprochen. Nicht überprüft ist bisher, in wieweit Kombinationen aus verschiedenen Bedienarten, etwa einem zentralen Bedienteil und einem Spracheingabesystem sinnvoll und sicherheitsrelevant sind.

8.6. Zusammenfassung

Das Experiment untersucht vier Realisierungsmöglichkeiten eines zentralen Bedienelements - die manuelle Steuerung mit Softkeys, eine Kombination aus Hardkey und Cursor, eine reine Cursorsteuerung und, als nichtmanuelle Steuerungsmöglichkeit, die Spracheingabe. Mit den vier verschiedenen Bedienarten werden zwei bekannte Funktionsbereiche (Radio und Heizung) und zwei relativ unbekannte (Wegleitung und Bordcomputer) gesteuert.

Bei der subjektiven Einschätzung durch die Probanden und der objektiven Bewertung anhand von Leistungsparametern schneidet die Spracheingabe insgesamt am besten ab. Einschränkend muß aber darauf hingewiesen werden, daß der hier simulierte Spracherkenner von einer Perfektion war, die technisch vorerst noch nicht erreichbar ist (sprecherunabhängig, fast beliebige Synonyme, Erkennung von zusammenhängend gesprochenen Wörtern etc.).

Von den drei manuellen Bedienversionen erzielt die Softkey-Lösung die kürzesten Lösungszeiten und die geringste Fehlerrate. Entgegen den Erwartungen schneidet die Kombination aus Hardkeys und Cursor nicht besonders gut ab. Der Wechsel zwischen zwei völlig verschiedenen Bedienakten (direkter Zugriff versus sequentielle Auswahl) dürfte hierfür verantwortlich sein. Als sicherheitsrelevantes Maß für die Ablenkung vom Verkehrsgeschehen kann die Blickdauer auf das jeweilige Bedienelement bzw. die Anzeige herangezogen werden. Auch hier erweist sich die Softkey-Lösung gegenüber den anderen beiden Tastaturen als überlegen.

Das Experiment macht aber erneut deutlich, daß jede manuelle Bedienung zu einer Ablenkung vom Verkehrsgeschehen führt, die nicht zu vernachlässigen ist. Dies ist aus den verspäteten Bremsreaktionen auf das vorausfahrende Fahrzeug abzulesen. Ziel muß daher sein, Bedienelemente zu gestalten, die jeweils nur eine kurze Blickabwendung von der Fahrbahn ermöglichen, die Hauptaufgabe "Fahren" also nur kurz unterbrechen. Die subjektive Einschätzung der Probanden der vier Bedienarten bestätigt die objektiven Daten. Für bekannte Funktionen wie Radio oder Heizung bevorzugen die meisten Personen allerdings als zweitbeste Lösung nach der Spracheingabe die herkömmliche Tastatur. Daraus ist nicht unbedingt abzuleiten,

ein zentrales Bedienelement eigne sich ausschließlich für neu einzuführende Systeme.

Vielmehr ist zu berücksichtigen, daß Umlernen stets schwieriger ist als Neulernen, und ein zentrales Bedienelement, das im optimalen Greif- und Sehraum angeordnet ist, die übrigen Bedienelemente auf ungünstigere Positionen verweist. Der Konstrukteur muß das Gesamtarrangement im Auge behalten.

Für ein **Gesamtkonzept**, welche Funktion in Zukunft

- mit herkömmlichen Bedienteilen,
- durch ein zentrales, Softkey-gesteuertes Bedienelement,
- oder per Spracheingabe

bedient werden soll, ist folgendes beizutragen:

Bestimmte, zeitkritische und/oder sehr häufig benutzte Elemente, wie beispielsweise Blinker oder Hupe, müssen auch weiterhin als fixes Bedienelement ausgelegt bleiben, da nur auf diese Weise der schnelle und absolut sichere Zugriff gewährleistet ist.

Bei anderen Bedienelementen, beispielsweise für die Regulierung der Heizung oder die Einstellung des Radios, ist zu differenzieren:

- Ist die Gesamtzahl der vorgesehenen Bedienelemente gering, so können sie weiterhin mit den herkömmlichen Hardkey-Lösungen bedient werden, da ihre Anordnung in günstiger Position für den Fahrer möglich ist.
- Sind dagegen viele Bedienelemente vorgesehen, so ist einem zentralen Bedienelement mit Softkey-Steuerung oder der Spracheingabe der Vorzug zu geben.

Manche Elemente, beispielsweise Bordcomputer, die eine Vielzahl von Optionen in sich vereinigen und damit unweigerlich die ohnehin schwierige Platzproblematik im Kraftfahrzeug noch verschärfen, können nur in Form eines zentralen Bedienelements mit Softkey-Steuerung oder der Spracheingabe aufgenommen werden.

In wieweit Kombinationen aus Spracheingabe und einer zentral zu bedienenden Softkey-Lösung sinnvoll sind, müßte noch überprüft werden.

Eine andere Möglichkeit, nämlich die Kopplung der Spracheingabe oder einer zentralen Tastatur mit einem Element, das verschiedene Funktionen in sich vereinigt, wurde hier anhand des Rändelrads erprobt: Die Integration aller Mehr-/Weniger-/Auf-/Ab-Funktionen in einem analogen Element

kann aufgrund der objektiven und der subjektiven Daten als vielversprechender Ansatz zur Reduktion von Bedienelementen betrachtet werden.

Obwohl die Ergebnisse dieses Experiments sehr aufschlußreich und konsistent sind, bleibt noch eine Vielzahl von Fragen offen. So ist beispielsweise bisher ungeklärt, wieviele Funktionsbereiche (Radio, Klima, Telefon etc.) ein zentrales Bedienelement umfassen kann.

Denkbar wäre auch, dem Benutzer die Möglichkeit zu eröffnen, sich eigene Menues nach seinen Wünschen zu definieren, etwa nach dem Kriterium der häufigsten individuellen Benutzung.

Ein neues Gesamtkonzept von Bedienelementen im Kraftfahrzeug ist also noch nicht gefunden, aber das Ziel ist deutlich näher gerückt.

9. Möglichkeiten der Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen

Abgesehen von ästhetischen Gesichtspunkten besteht das generelle Gestaltungsziel von Anzeige- und Bedienelementen in höchstmöglicher Bedienungssicherheit bei minimaler Ablenkung des Benutzers. Nach der Darstellung und Anwendung verschiedener Verfahren in diesem Bericht stellen sich nun zwei Fragen:

1. Welches Verfahren ist am besten geeignet, die Sicherheitsrelevanz von Anzeige- und Bedienelementen zu erfassen?
2. Ist es möglich, für eine gegebene Realisation von Anzeige- und Bedienelementen eine einfache quantitative Bewertung zu finden, vergleichbar etwa dem Luftwiderstandsbeiwert eines Fahrzeugs?

Die zweite Frage muß - zumindest bislang - mit einem klaren Nein beantwortet werden. Zwar können einzelne Elemente (beispielsweise verschiedene Arten der Heizungsregulierung) in eine Rangreihe gebracht werden (vgl. 3.2). Der momentane Wissensstand reicht jedoch nicht aus, das komplexe Zusammenwirken aller Anzeige- und Bedienelemente einer globalen Bewertung zugänglich zu machen. Dies müßte in einem weiteren Forschungsvorhaben versucht werden (siehe Vorschlag in Kapitel 10).

Auch die erste Frage läßt sich nicht befriedigend mit dem Hinweis auf ein bestimmtes, für alle Arten von Anzeige- und Bedienelementen taugliches, Verfahren beantworten. Aus den Erfahrungen und Ergebnissen des Projekts lassen sich jedoch Empfehlungen ableiten, wie verschiedene Realisationen einem rationaleren Vergleich zugänglich gemacht werden können.

9.1. Erfassung und Bewertung der Beanspruchung des Benutzers

Bei der Messung der Beanspruchung des Benutzers ist zunächst zu unterscheiden zwischen **visueller**, **motorischer** und **mentaler Beanspruchung**. Idealerweise soll der Fahrer durch die Nebentätigkeit in allen drei genannten Bereichen geringfügig beansprucht sein. Da dies nicht immer möglich ist, muß eine Gewichtung der Bedeutsamkeit der möglichen Ablenkungen von der Hauptaufgabe (Spurhaltung, Beachtung des übrigen Verkehrs, etc.) erstellt werden.

Die hier vorgeschlagene Bewertungshierarchie geht von theoretischen und empirischen Arbeiten aus, die bei FÄRBER (1987) ausführlich dargestellt sind. Danach scheint die mentale Verarbeitungskapazität groß genug, um verschiedene Aufgaben simultan oder in schnellem Wechsel bearbeiten zu können. Innerhalb der drei Beanspruchungsarten ist die **mentale Beanspruchung** bei der Gestaltung von Anzeige- und Bedienelementen somit am ehesten zu tolerieren. Mentale Beanspruchung kann durch selbsterklärende Gestaltung oder leicht automatisierbare Handlungen reduziert werden. (Positive und negative Beispiele sowie Möglichkeiten der Überprüfung sind in den folgenden Abschnitten dargestellt).

Der **motorischen** Beanspruchung kommt innerhalb der Bewertungshierarchie die Mittelposition zu - allerdings unter folgenden Bedingungen:

- die motorische Ablenkung muß sich auf eine Hand beschränken,
- die normale Sitzposition darf durch die Bedienung nicht verändert werden und
- die motorische Ablenkung darf nicht mit visueller Ablenkung einhergehen, d.h. Blindbedienung im optimalen Greifraum muß gewährleistet sein.

Die Beanspruchung des **visuellen Kanals** durch Ablese- oder Bedienvorgänge wird als besonders kritisch für die Verkehrssicherheit eingestuft. Blickzuwendung zu einem Element im Fahrzeuginnenraum ist gleichzusetzen mit völliger Ablenkung des visuellen Systems vom Verkehrsgeschehen. Das Auge ist zwar, ebenso wie die Gliedmaßen, ein paariges Organ, doch kann ein Auge nicht unabhängig vom anderen bewegt werden. Dies ist bekanntlich ein Unterscheidungsmerkmal zwischen Mensch und Chamäleon. Die adäquate

Erfassung der meisten Verkehrssituationen setzt aber gerade die visuelle Informationsaufnahme im engen Bereich, in dem wir scharf sehen können, voraus (vgl. FÄRBER & FÄRBER, 1987, Kap. 3. Optische Wahrnehmung). Das Anzeige- bzw. Bedienelement mit der kürzeren Blickdauer wird daher in der Regel zu bevorzugen sein.

Auf der Ebene der Meßmethodik bedeutet dies, daß die Erfassung der visuellen Ablenkung vom Verkehrsgeschehen über die Maße **Blickdauer** und **Blickhäufigkeit** für die Bewertung wesentlich ist. Die beiden Meßgrößen wurden von uns auf zwei verschiedene Arten erhoben:

- Die experimentell sehr einfache Methode der Beobachtung und Einschätzung durch einen Versuchsleiter (vgl. 3.2.5);
- Die aufwendigere und exaktere Messung der Augenbewegungen mittels Elektro-Okulo-Gramm (EOG), siehe auch Kap. 6., 7. und 8.

Beide Methoden haben ihre prinzipielle Tauglichkeit bewiesen - allerdings mit gewissen Einschränkungen. Die in 3.2.5 beschriebene Beobachtungsmethode eignet sich nur für Bedienakte, da das Ablesen von Anzeigen in der Regel zu kurz ist, und zudem nicht mit genügender Präzision beobachtet werden kann.

Bei der Durchführung der Beobachtungsmethode gilt es zudem mehrere Punkte zu beachten:

1. Der Test wird im stehenden Fahrzeug durchgeführt;
2. Vor dem Fahrzeug muß ein Fixationspunkt angebracht sein, der den Blick der Versuchsperson auf die Fahrbahn simuliert;
3. Es sollen nur Personen an der Bewertung teilnehmen, die keine besondere Vorerfahrung mit der spezifischen, zu testenden Anordnung von Bedienelementen haben;
4. Vor die eigentliche Testphase ist eine Lernphase zu stellen, um alle Personen auf vergleichbaren Wissensstand zu bringen;
5. Zwischen Lernphase und Testphase muß eine kontrollierte Vergessensphase eingefügt werden.

Die aufwendigere und exaktere Methode zur Erfassung der visuellen Ablenkung über EOG-Messung eignet sich besonders für den Einsatz in Fahrsimulatoren. Zwar kann auch mit dieser Methode nicht bestimmt werden, welches

Anzeige- oder Bedienelement der Fahrer betrachtet, es ist lediglich festzustellen, wie oft und wie lange er auf das Verkehrsgeschehen bzw. die Armaturentafel blickt. Für viele Fragestellungen sind die Daten dieser Methode jedoch völlig ausreichend. Exakte Aufschlüsse über die visuelle Informationsaufnahme des Kraftfahrers können nur mit berührungslosen Augenbewegungskameras erzielt werden. Doch kommt die technische Entwicklung dieser Geräte erst jetzt in ein Stadium, das einen praxistauglichen Einsatz sinnvoll erscheinen läßt.

Besondere Beachtung bei der Bewertung in Simulatoren verdient die Verteilung der Aufmerksamkeit zwischen Haupt- und Nebenaufgabe. Zunächst erscheint es plausibel, die **Belastung** durch die Fahraufgabe möglichst hoch anzusetzen. Hinter diesem Vorgehen steht folgende Überlegung: Dasjenige Anzeige- oder Bedienelement, das unter extrem hoher Belastung am besten abschneidet, wird auch unter mittlerer oder niedriger Belastung am günstigsten sein. Erfahrungen innerhalb des Projekts zeigen jedoch die Problematik dieses Ansatzes auf. Sie resultiert aus dem Unterschied zwischen Versuchssituation und realem Straßenverkehr: Während sich Kraftfahrer im täglichen Straßenverkehr auch in kritischen Situationen von Anzeigen oder von Bedienelementen ablenken lassen, weigern sie sich in der Versuchssituation, dies zu tun. Sie warten vielmehr ab, bis die kritische Verkehrssituation vorüber ist und wenden sich erst dann der Nebenaufgabe zu. Die beabsichtigte Gleichzeitigkeit von Haupt- und Nebenaufgabe ist deshalb nur zu erzielen, wenn die Belastung in der Hauptaufgabe nicht zu hoch ist.

Neben der absoluten Höhe der Belastung ist noch die **Kontrolle** der Belastung in der Hauptaufgabe entscheidend. So dürfen einerseits keine spezifischen Erwartungen bei der Versuchsperson aufgebaut werden (z.B. immer, wenn eine Bedienhandlung durchgeführt werden soll, bremst das vorausfahrende Fahrzeug plötzlich), was für eine Variation der Verkehrssituationen spricht. Andererseits setzt ein Vergleich verschiedener Realisationen von Anzeige- und Bedienelementen eine konstante Belastung durch die Hauptaufgabe voraus. Es ist daher nötig, vor dem Vergleich verschiedener Anzeige- und Bedienelemente unterschiedliche, aber gleich belastende Situationen zu konstruieren.

9.2. Erfassung und Bewertung der Bedienungssicherheit

Im Gegensatz zur Beanspruchungsmessung fällt die Operationalisierung und Messung der Bedienungssicherheit noch relativ leicht. Sie kann mit Hilfe der Parameter "Zeitbedarf" und "Qualität der Lösung" zuverlässig erfaßt werden. Obwohl prinzipiell diejenige Gestaltung zu bevorzugen ist, die die **kürzesten mittleren Betätigungszeiten** und die **meisten spontan richtigen Lösungen** aufweist, sind auch hier einige Einschränkungen und Zusätze zu berücksichtigen. So können, neben den mittleren Bearbeitungszeiten, auch die **maximalen Lösungszeiten** bedeutsam sein. Große Varianzen im Zeitbedarf für dieselbe Bedienhandlung deuten auf unterschiedliche innere Modelle der Benutzer hin. Im Sinne der Sicherheit soll ein Bedienelement aber für möglichst alle Benutzer in gleicher Weise geeignet sein.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß verschiedene Realisierungen in völlig unterschiedlichem Maße die Möglichkeit bieten, einen Handlungsablauf in Teilschritte zu zerlegen. So ist zwar prinzipiell die kurze der langen Betätigungszeit vorzuziehen. Doch kann es andererseits sinnvoll sein, die Gestaltung zu bevorzugen, die zwar längere Gesamtlösungszeiten bedingt, dafür aber leichter unterbrochen und "ohne Aufwand" wieder aufgenommen werden kann. Der Begriff "ohne Aufwand" meint vor allem, daß die Handlung an der unterbrochenen Stelle wieder aufgenommen werden kann, und nicht der gesamte Handlungsablauf von vorne begonnen werden muß. Trotz der längeren Gesamtlösungszeit ist die Realisierung, die Handlungsunterbrechungen erlaubt, günstiger als eine andere, deren Aufforderungscharakter so groß ist, daß die begonnene Handlung unter fast allen Umständen zu Ende geführt wird.

Zwei Beispiele mögen dies verdeutlichen:

Das Suchen eines Weges auf einer Straßenkarte während der Fahrt läßt sich nicht sinnvoll unterbrechen. Jeder neue Versuch, den eigenen Standort, das angestrebte Ziel und den richtigen Weg zu finden, wird wieder von vorne beginnen. Kurze häufige Blicke auf die Karte werden also nicht zu dem gewünschten Ziel "Orientierung" führen.

Im Gegensatz dazu kann die sequentielle Bedienung einer Tastatur in Teilschritte zerlegt werden, die ein Fortsetzen der Bedienhandlung beim letzten Betätigungsschritt ermöglichen. Exemplarisch konnte dies im Ver-

such mit dem zentralen Bedienelement aufgezeigt werden (vgl. 8.3 ff).
Bei komplexeren Bedienakten, die nicht "in einem Griff" zu erledigen
sind, ist also stets zu fragen, ob sie leicht zu unterbrechen sind und an
der unterbrochenen Stelle problemlos wieder aufgenommen werden können.

9.3. Bewertung der Akzeptanz

Auf den ersten Blick hat die Bewertung der Akzeptanz durch die Benutzer wenig mit Sicherheit zu tun. Es darf aber nicht übersehen werden, daß Beanspruchung ein personenbezogenes Maß ist, in das auch subjektive Bewertungen mit eingehen. Diejenige Realisation eines Anzeige- oder Bedienelements, von der ich mich beansprucht fühle, wird mich tatsächlich beanspruchen - und zwar unabhängig vom wirklichen Belastungsgrad.

Die Erfassung der subjektiv erlebten Beanspruchung über Einschätzungsskalen, und der Akzeptanz mittels semantischem Differential, ist daher unabdingbarer Bestandteil einer umfassenden Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen. Genügt es, so könnte man fragen, angesichts der Bedeutung der subjektiven Wirkung von Anzeigen oder Bedienelementen nicht, ausschließlich die Benutzer nach ihrem Eindruck und ihren Wünschen zu fragen? Müßte der Kraftfahrer aufgrund seiner täglichen Erfahrung nicht am besten bewerten können, welche Gestaltung gut und welche verbesserungswürdig ist? Leider nein!

Zunächst lehrt schon die Theorie der kognitiven Dissonanz von FESTINGER (1957), daß Personen nach einer Kaufentscheidung viele Gründe finden, warum gerade dieser Kauf richtig war. Mit anderen Worten: sie akzeptieren nach dem Kaufabschluß Umstände, die sie zuvor als ungünstig eingestuft hätten. Objektive Bewertungen können damit von Fahrzeugeignern nicht erwartet werden. Auch das Urteil anderer Personengruppen, etwa Taxifahrern oder Inhabern von Dienstwagen, die nicht Besitzer der von ihnen benutzten Fahrzeuge sind, hat nur bedingten Wert. Die Gewöhnung an einen bestimmten Fahrzeugtyp und an eine bestimmte Auslegung der Armaturentafel führt zu einem verfälschten Urteil. Ziel muß aber sein, Anzeige- und Bedienelemente so zu gestalten, daß sie auf Anhieb richtig interpretiert und bedient werden können, also selbsterklärend sind.

Der dritte Einwand gegen die alleinige Befragung von Benutzern als Bewertungsmethode zielt auf die Komplexität des Problems. Die Selbsterklärungsfähigkeit und Bedienbarkeit einzelner Elemente kann sicherlich mittels **Befragung** ermittelt werden. Für die bessere Methode halten wir allerdings die in 3.1. dargestellte **Herstellungsmethode**. Wie jeder Konstrukteur aber weiß, sind die einzelnen Elemente nicht unabhängig von

einander. Die Platzierung der Heizungsregulierung an einer bestimmten Stelle im optimalen Greifraum verhindert den Einbau des Radios oder anderer Elemente. Wie die Befragung in Punkt 8.5.5. zeigt, haben die Benutzer, ebenso wie die Designer, oftmals Probleme, alle Gesichtspunkte in gleicher Weise zu berücksichtigen. Stets besteht die Gefahr, daß ein als besonders wichtig eingeschätzter Gesichtspunkt die Oberhand gewinnt. Ein Beispiel ist die Anordnung von Bedienelementen im optimalen Greifraum, die zu komplexen Multifunktionsschaltern führt, die logisch unvereinbare und haptisch schwer zu trennende Funktionen in sich vereinigen (siehe die Ergebnisse von 3.1).

9.4. Eine vorläufige inhaltliche Bewertungsstrategie

Nach der Darstellung der Vor- und Nachteile verschiedener Bewertungsmethoden sollen nunmehr einige wesentliche Gestaltungsgesichtspunkte zusammengefaßt werden, die aufgrund der Literaturstudie (FAT-Schriftenreihe Nr. 64) und der zahlreichen Versuche bedeutsam erscheinen.

Auf der Seite der Anzeigen sind vor allem zwei Gesichtspunkte zu nennen: die **Verlässlichkeit** und die **gute Gestalt**. Verlässlichkeit bedeutet, daß eine bestimmte Anzeige stets an derselben Position sichtbar ist. Die Gestaltungsgesetze sind u.a. in FÄRBER & FÄRBER, 1987 (S. 38 ff) dargestellt. Die Abwägung der Bedeutung beider Aspekte wurde in einem Experiment vorgenommen, das in Kapitel 7. näher beschrieben ist. Nach den Ergebnissen dieses Versuchs ist die Verletzung des Gestaltungsgrundsatzes "gute Gestalt" bedeutsamer als die Mißachtung der Verlässlichkeit. Für Multifunktionsdisplays ist es also sinnvoller, prägnant gestaltete Anzeigen im Wechsel darzubieten (Verletzung der Verlässlichkeit), als möglichst viele Anzeigen auf engem Raum zu konzentrieren (Verletzung von Gestaltungsgesetzen).

Eine häufig gestellte Forderung bei den Bedienelementen betrifft die **Normierung von Form und Position**. Im Gegensatz zu Piloten, die für bestimmte Flugzeugtypen geschult werden und nur diese fliegen dürfen, kann jeder Führerscheininhaber in (beinahe) jedes Auto steigen und ohne Vorbereitung losfahren. Wie wichtig ist für den problemlosen Fahrzeugwechsel nun der Gesichtspunkt, alle Elemente an einem bestimmten, d.h. gewohnten Platz anzuordnen? Ist eine weitgehende oder völlige Normierung der Bedienelemente aus Sicherheitsgründen anzustreben oder gar unabdingbar?

Hierzu ist festzustellen, daß - aus welchen Gründen auch immer - eine gewisse Normierung der Position bereits stattgefunden hat (vgl. Punkt 2.2). Trotzdem blieb die Gestaltungsfreiheit der Designer in ausreichendem Maße erhalten.

Auf der anderen Seite läßt gerade die einheitliche Positionierung sicherheitsrelevanter Bedienelemente, wie der Warnblinkanlage, sehr zu wünschen übrig. Da die Warnblinkanlage u.a. in gefährlichen Situationen schnell und sicher aufgefunden werden muß, wäre hier eine Vereinheitlichung mehr

als wünschenswert.

Wie die Ergebnisse in 3.2. verdeutlichen, ist die Position von Bedienelementen nur einer von mehreren Gesichtspunkten. Sowohl bei der Heizung als auch bei der Hupe führten verschiedene Ausführungen an unterschiedlichen Positionen zu gleich schnellen und richtigen Betätigungen. Hingegen zeigte die Anbringung des Lichts an derselben Position deutliche Unterschiede bezüglich Lösungsqualität und -zeit. Verständlich werden diese Ergebnisse, wenn zusätzliche Parameter berücksichtigt werden. So ist die **Kompatibilität von Betätigung und Wirkung** ebenso wichtig, wie am Beispiel der Hupe gezeigt werden konnte. Es ist intuitiv unlogisch, auf einen Stockschalter zu drücken, der zudem noch andere Funktionen in sich vereint, die mit der Hupe inhaltlich nichts gemein haben. Weiterhin kann die Bildung von **logischen Einheiten** als ebenso bedeutsames Gestaltungselement genannt werden. Beispielsweise ist die Kombination aller Lichtfunktionen (inklusive Nebelscheinwerfer und Nebelschlußleuchte) der Blindbedienung sehr förderlich. Blindbedienung bedeutet - wie in 9.1. ausgeführt - keine visuelle Ablenkung, also Erhöhung der Sicherheit. Gerade bei den Sonderausstattungen wird dieser Gestaltungsgesichtspunkt am häufigsten verletzt: In einer Schalterleiste sind in beliebiger Abfolge die Bedienelemente für Nebelscheinwerfer, Heckwischer, elektrisches Schiebedach, o.ä. nebeneinander angeordnet. Ein noch extremeres Beispiel ist die Sonderausstattung "elektrische Fensterheber". Die zugehörigen Bedienelemente werden mit Vorliebe zwischen den Vordersitzen eingebaut - lange visuelle Ablenkung von Verkehrsgeschehen ist unvermeidbar.

Abschließend muß noch betont werden, daß die Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen nicht nur das Zusammenwirken aller Systeme, sondern auch die Optimierung unterschiedlicher Gesichtspunkte berücksichtigen muß. Wie bereits erwähnt, ist es relativ leicht, ein bestimmtes Anzeige- oder Bedienelement im optimalen Greif- und Sehraum des Fahrers zu plazieren und zu gestalten. Die Gesamtanordnung aller Elemente bedeutet aber weit mehr als eine bloße Summierung der Einzelteile. Es gilt, Interaktionen zwischen den Systemen zu berücksichtigen.

Ebenso ist es leicht und verführerisch, einen Gesichtspunkt (z.B. die Anordnung im optimalen Greifraum) besonders zu beachten. Für die Überbewertung eines Gesichtspunkts zu Lasten anderer gibt es zahlreiche Beispiele. Bei den Anzeigen etwa die (zunächst richtige) Erkenntnis der Überlegenheit von symbolischen Darstellungen gegenüber Schriftfeldern. Symbolische Darstellungen in Form von Piktogrammen sind nicht sprachgebunden und schneller ablesbar. Die Entwicklung und der Einsatz von über 100 Piktogrammen macht aber die Vorteile dieser Darstellungsform zunichte (vgl. 4.4).

Die übermäßige Betonung der Idee, Bedienelemente im optimalen Greifraum anzuordnen, führt zu Multifunktions-Bedienelementen (z.B. beim Lichtschalter oder verschiedenen Stockschaltern), die zu viele Funktionen in sich vereinigen. Sie verletzen das Postulat der Bildung logischer Einheiten und sind zu komplex, um ohne visuelle Kontrolle bedient zu werden. Geringe motorische Beanspruchung geht hier zu Lasten von visueller Ablenkung.

10. Vorschlag für weitere Forschungsarbeit:
Entwicklung eines rechnergestützten Testverfahrens zur sicher-
heitsorientierten Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen

10.1. Grundlage

Die Studie "Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen - Grundlagen" (FAT-Schriftenreihe Nr. 64, 1987) berichtet über den gegenwärtigen Kenntnisstand der grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung und faßt einschlägige ergonomische Gesichtspunkte zusammen. In der vorliegenden Publikation mit dem Untertitel "Empirische Ergebnisse" sind die Resultate mehrerer Untersuchungen zur Analyse von Anzeige- und Bedienelementen dargestellt. Sie zeigen - neben Untersuchungsergebnissen zu herkömmlichen und neuen Anzeige- und Bedienelementen - Möglichkeiten der Bewertung, etwa durch Beanspruchungsmessung, Erfassung der Bediensicherheit oder der Akzeptanz.

10.2. Ziel

Für die Anwendung in der Praxis wäre es nun wünschenswert, ein **Instrumentarium** zu entwickeln, das - ähnlich einem Expertensystem - die sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in einem frühen Stadium, möglichst schon in der Konzeptphase, erlaubt, d.h. eine physikalische Realisierung und Überprüfung im Fahrsimulator o.ä. weitgehend erübrigt.

10.3. Strategie zur Realisierung des Ziels

Als Basis des Instrumentariums dient das verfügbare Wissen über Anzeige- und Bedienelemente, das zunächst in einzelne **beobachtbare Items** zu fassen ist.

Die Erstellung einer **Checkliste**, bestehend aus einzelnen Items, kann als erster Schritt, nicht jedoch als endgültiges Ziel betrachtet werden, da die Checkliste sehr umfangreich, und daher für den Einsatz in der Praxis zu schwerfällig ist. Es muß ein interaktives, rechnergestütztes System erarbeitet werden, das

- aufgrund der Eingaben des Benutzers,
- des gespeicherten Grundwissens, und
- logischer Verknüpfungen

nur relevante Items erfragt und in das Bewertungssystem aufnimmt.

Um die eigentliche Bewertung und damit die Entscheidung zwischen mehreren Realisationen von Anzeige- und Bedienelementen zu ermöglichen, sind in einem zweiten Schritt den Items verschiedene **Wertigkeiten** zuzuschreiben.

Ausgangspunkt ist das bereits dokumentierte Expertenwissen, sowie eine Prioritätenlogik.

Vorrangiges Kriterium in der Prioritätenlogik ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch

- geringe Ablenkung vom Verkehrsgeschehen (qualitativ),
- möglichst geringe visuelle Ablenkung (quantitativ), d.h. kurze Blickbewegungen, wenig Suchaktivitäten im optischen Bereich,
- minimale motorische Ablenkung durch Anpassung an die Bewegungsabläufe des Menschen, kurze Bedienwege und geringen Zeitbedarf für die Bedienung,
- wenig Bindung von mentaler Verarbeitungskapazität.

Auf der Basis des Expertenwissens und der Prioritätenlogik müssen nun verschiedene Gewichtungen erprobt werden (Verfahren: Annahme von Wertigkeiten, die nach Expertenmeinung sinnvoll sind, auf dieser Grundlage Fahrzeuge analysieren, Auswertung, Beurteilung des Gesamtsystems, Änderung der Wertigkeiten, ...). Die iterative Vorgehensweise bei der Erprobung ist erforderlich, da beim gegenwärtigen Stand der Forschung noch nicht mit hinreichender Sicherheit entschieden werden kann, welcher einzelne Gesichtspunkt optimaler Gestaltung für die Verkehrssicherheit relevant und damit in der Wertigkeit besonders hoch anzusetzen ist.

Zusätzlich soll das Bewertungssystem die Möglichkeit eröffnen, andere Bewertungsgesichtspunkte (z.B. maximalen Komfort, "Cockpit-feeling") einzugeben. Mit der Bewertung nach diesen, nicht sicherheitsrelevanten Kriterien können andere Bewertungsaspekte bei bestehenden oder geplanten Realisationen nachgewiesen werden. Die empirische Überprüfung des Bewertungssystems kann anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie über Anzeige- und Bedienelemente erfolgen: Experimentell untersuchte und als günstig eingestufte Anordnungen müßten auch im rechnergestützten Bewertungssystem als überlegen resultieren.

Literaturverzeichnis

- BOUIS, D., HALLER, R. & HEINTZ, F. (1981): Erhöhung der Verkehrssicherheit durch ergonomische Gestaltung des Bordrechners im Kraftfahrzeug. *Automobiltechnische Zeitschrift*, 83, 537-540
- BULLINGER, H.-J., KERN, P. & SOLF, J.J. (1979): Reibung zwischen Hand und Griff. Forschungsbericht Nr. 213 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Bremerhaven.
- CHAPANIS, A. & KINKADE, R.G. (1972): Design of controls. In: H.P. van Cott & R.G. Kinkade (Eds.), *Human engineering guide to equipment design*. New York: Wiley & Sons
- DIN 70 005, Teil 2 (Entwurf), Ausgabe 6/85, FNerg, Kraftfahrzeuge; Grafische Symbole, Grundlagen, Übersicht. Berlin: Beuth
- FÄRBER, Berthold (1987): Geteilte Aufmerksamkeit - Grundlagen und Anwendung im motorisierten Straßenverkehr. In der Reihe: Mensch - Fahrzeug - Umwelt, Band 20, H. HÄCKER (Hers.), TÜV Rheinland, Köln
- FÄRBER, Berthold & FÄRBER, Brigitte (1984): Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug - Hauptstudie. *FAT Schriftenreihe*, Nr. 39, Frankfurt
- FÄRBER, Berthold & FÄRBER, Brigitte (1984): Sprachausgaben im Kraftfahrzeug - Ein Handbuch für Anwender -. *FAT Schriftenreihe*, Nr. 40, Frankfurt
- FÄRBER, Berthold & FÄRBER, Brigitte (1987): Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen - Grundlagen -. *FAT Schriftenreihe*, Nr. 64, Frankfurt
- FÄRBER, Berthold, POPP, M. & STAPF, K.-H. (1987): Sprachdialogsysteme im Kraftfahrzeug. Forschungsbericht, Tübingen
- FESTINGER, L. (1957): *A theory of cognitive dissonance*. Stanford: Stanford Univ. Press
- GALER, M. & SPICER, J. & GEYER, T.A. & HOLTUM, C. (1983): The design and evaluation of a trip computer and a vehicle condition monitor display. In: *Proceedings of Forth International Conference on Automotive Electronics*. London. IEE, 192-196
- GEISER, G. (1985): Mensch-Maschine-Kommunikation im Kraftfahrzeug. *Automobiltechnische Zeitschrift*, 2

- GRANDJEAN, E. (1971): Fitting the task to the man. London: Taylor & Francis
- GREEN, P. (1984): Driver understanding of fuel and engine gauges. SAE Paper, No. 840314
- GREENSTEIN, J.S. & ARNAULT, L.Y. (1987): Human factors aspects of manual computer input devices. In: Handbook of human factors. J. Wiley & Sons, New York, etc.
- HEARD, E.A. (1974): Symbolstudy-1972. SAE Paper, No. 740304
- HEINTZ, F., BOUIS, D. & HALLER, R. (1985): A concept of user-guidance for vehicle information systems. Automotive Electronics, SAE Paper, No. 850309
- KARAT, J., McDONALD J.E. & ANDERSON, M. (1985): A comparison of selection techniques: touch panel, mouse and key board. In: Interact '84, 149-153
- ORTEGA, J., BAKER, C., WILSON, C. & KRUSE, R. (1986): An interactive, reconfigurable display system for automotive instrumentation. SAE Paper, No. 860173
- PEREL, M. (1974): Controls and Displays: Problems, Progress, and Priorities. SAE Paper, No. 740994
- SCHMIDTKE, H. & RÜHMANN, H. (1981): Betriebsmittelgestaltung. In: H. Schmidtke (Ed.), Lehrbuch der Ergonomie. München: Hanser
- SCOTT, W.E. (1967): The development of semantic differential scales as measure of "morale". Personal Psychology, 20, 179-198
- SCOTT, W.E. & ROWLAND, K.M. (1970): The generality and significance of semantic diff. scales as measure of "morale". Organizational Behavior and Human Performance, 5, 576-591
- SEEGER, M., VARNER, D. SHEAHAN, T. & GUARNA, V. (1985): Software architecture for a driver information system. SAE Paper, No. 850306
- STROEBE, W. (1980): Grundlagen der Sozialpsychologie I. Stuttgart: Klett
- WHITEFIELD, D., BALL, R.G. & BIRD J.M. (1983): Some comparisons of on-display and off-display touch input devices for interaction with computer generated displays. In: Ergonomics, Vol. 26, 11, 1033-1053

- WOODSON, W.E. (1981): Human factors design handbook. Information and guidelines for the design of systems, facilities, equipment, and products for human use. New York: McGraw Hill
- WOODSON, W.E. & CONOVER, D.W. (1964): Human engineering guide for equipment designers. Berkeley: University of California Press
- ZWAHLEN, H.T. & DeBALD, D.P. (1987): Safety aspects of CRT Touch Panel Controls in automobiles. 16th International Symposium on Automotive Technology & Automation, Florence, 11th - 15th May, No. 87056, 193-212

Anhang: Mitglieder des FAT AK-2 "Der Mensch als Fahrzeugführer"

G. Bartholomäi
Mannesmann-Kienzle GmbH
Abt. Ergonomie und Industrial Design
Postfach 1640
7730 VS-Villingen

Dipl. Psych. W. Blume
VDO Adolf Schindling A.G.
Abt. G-E
Sodener Straße 9
6231 Schwalbach/Ts.

Dr. R. Fritz
Dr.Ing.h.c.F.Porsche AG
Abt. EE
Postfach 1108
7251 Weissach

G. Hahlganß
VDO Adolf Schindling A.G.
Abt. G-E
Sodener Straße 9
6231 Schwalbach/Ts.

Dipl. Ing. H.-J. Hahn
MAN Nutzfahrzeuge GmbH
Abt. T
Postfach 500620
8000 München 50

Dipl.-Ing. F. Heintz
Robert Bosch GmbH
Abt. K/EVW
Sophienstraße 187
7500 Karlsruhe 21

Dipl.-Ing. F. Krämer
Adam Opel AG
Abt. PEK/N 20, Vorausentwicklung
Postfach 1560
6090 Rüsselsheim

Dr. F. Küppers
Mannesmann-Kienzle GmbH
Abt. 02
Postfach 1640
7730 VS-Villingen

Dipl.-Ing. G. Lerner
BMW AG
Abt. EW-13
Postfach 400240
8000 München 40

Dr.-Ing. K. Niemann
Daimler-Benz AG
Abt. E 6 NA
Postfach 202
7000 Stuttgart-Untertürkheim

Dr. I. Pfafferott
BAST
Bereich Unfallforschung
Postfach 100150
5060 Bergisch Gladbach 1

Dipl.-Ing. D. Schneider
Ford-Werke AG
Abt. MC/PEG
Postfach 604002
5000 Köln 60

Dr.-Ing. J. Temming
Volkswagen AG
Abt. 1776
Postfach
3180 Wolfsburg

Dr. Ing. M. Vötter
Zahnradfabrik Friedrichshafen
Postfach 1340
7070 Schwäbisch Gmünd

Dipl.-Ing. E. Zuckmantel
Westfälische Metall Industrie
Hueck & Co KG
Abt. ZE
Postfach 2840
4780 Lippstadt

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

Nr. 1	Immissionssituation durch den Kraftverkehr in der Bundesrepublik Deutschland	vergriffen
Nr. 2	Systematik der vorgeschlagenen Verkehrslenkungssysteme	DM 20,-
Nr. 3	Literaturstudie über die Beanspruchung der Fahrbahn durch schwere Kraftfahrzeuge	DM 30,-
Nr. 4	Unfallforschung / Westeuropäische Forschungsprogramme und ihre Ergebnisse / Eine Übersicht	vergriffen
Nr. 5	Nutzen/Kosten-Untersuchungen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen	DM 60,-
Nr. 6	Belastbarkeitsgrenze und Verletzungsmechanik des angegurteten Fahrzeuginsassen	DM 50,-
Nr. 7	Biomechanik des Fußgängerunfalls	DM 30,-
Nr. 8	Der Mensch als Fahrzeugführer	vergriffen
Nr. 9	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen	DM 50,-
Nr. 10	Recycling im Automobilbau – Literaturstudie	DM 50,-
Nr. 11	Rückführung und Substitution von Kupfer im Kraftfahrzeugbereich	DM 50,-
Nr. 12	Der Mensch als Fahrzeugführer	DM 50,-
Nr. 13	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Sammlung, Beschreibung und Auswahl für die Anwendung der Nutzen/Kosten-Analyse	DM 60,-
Nr. 14	Tierexperimentelle und epidemiologische Untersuchungen zur biologischen Wirkung von Abgasen aus Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren) – Literaturstudie	DM 60,-
Nr. 15	Belastbarkeitsgrenzen des angegurteten Fahrzeuginsassen bei der Frontalkollision	DM 50,-
Nr. 16	Güterfernverkehr auf Bundesautobahnen – Ein Systemmodell, 2. Teil	DM 50,-
Nr. 17	Ladezustandsanzeiger für Akkumulatoren	DM 50,-
Nr. 18	Emission, Immission und Wirkungen von Kraftfahrzeugabgasen	DM 30,-
Nr. 19	Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr Ergebnisse einer Nutzen/Kosten-Analyse von ausgewählten Maßnahmen	vergriffen
Nr. 20	Aluminiumverwendung im Automobilbau und Recycling	DM 50,-
Nr. 21	Fahrbahnbeanspruchung und Fahrsicherheit ungenekteter Dreiachsaggregate in engen Kurven	DM 50,-
Nr. 22	Umskalierung von Verletzungsdaten nach AIS – 80 (Anhang zu Schrift Nr. 15)	DM 50,-
Nr. 23	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug	DM 50,-
Nr. 24	Alteileverwendung im Automobilbau	DM 50,-
Nr. 25	Energie für den Verkehr – Eine systemanalytische Untersuchung der langfristigen Perspektiven des Verkehrssektors in der Bundesrepublik Deutschland und dessen Versorgung mit Kraftstoffen im energiewirtschaftlichen Wettbewerb –	DM 60,-
Nr. 26	Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Aluminium im Lkw-Bau	vergriffen
Nr. 27	Äußere Sicherheit von Lkw's und Anhängern	DM 60,-
Nr. 28	Dämpfung und Tilgung von Torsionsschwingungen im Triebstrang von Kraftfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 29	Wirkungsgradmessung an Getrieben und Getriebeelementen	DM 50,-
Nr. 30	Fahrverhalten von Lastzügen und hierbei insbesondere von Anhängern	DM 50,-
Nr. 31	Entwicklung, Aufbau und Test eines Ladezustandsanzeigergerätes für Bleiakkumulatoren in Elektrostraßenfahrzeugen	DM 50,-
Nr. 32	Rollwiderstand und Lenkwilligkeit von Mehrachsanhängern mit Zwillings- und Einzelbereifung	DM 60,-
Nr. 33	Fußgängerschutz am Pkw – Ergebnisse mathematischer Simulation –	DM 60,-
Nr. 34	Verfahren zur Analyse von Unfallursachen – Definitionen, Erfassung und Bewertung von Datenquellen –	DM 75,-
Nr. 35	Untersuchungen über kraftstoffsparende Investitionsmaßnahmen im Straßenbau	DM 75,-
Nr. 36	Belastbarkeitsgrenzen und Verletzungsmechanik der angegurteten Fahrzeuginsassen beim Seitenaufprall. Phase I: Kinematik und Belastungen im Vergleich Dummy/Leiche	DM 60,-
Nr. 37	Konstruktive Einflüsse auf das Fahrverhalten von Lastzügen	DM 50,-
Nr. 38	Studie über Energieeinspeisungsgeräte zur Mitführung im Kraftfahrzeug (Bordlader)	DM 30,-
Nr. 39	Grundlagen und Möglichkeiten der Nutzung sprachlicher Informationssysteme im Kraftfahrzeug – Hauptstudie –	DM 60,-
Nr. 40	Sprachausgaben im Kraftfahrzeug – Ein Handbuch für Anwender –	vergriffen
Nr. 41	Auswertung von Forschungsberichten über: Die Auswirkung der Nutzfahrzeugkonstruktion auf die Straßenbeanspruchung	DM 30,-
Nr. 42	Fußgängersicherheit – Ergebnisse eines Symposiums über konstruktive Maßnahmen am Auto –	DM 30,-
Nr. 43	Auswirkungen der Nutzfahrzeugkonstruktion auf die Straßenbeanspruchung – Gesamtbericht –	DM 20,-
Nr. 44	Sprachliche Informationssysteme und Anwendungsmöglichkeiten im Kraftfahrzeug – Ergebnisse eines Symposiums –	DM 30,-
Nr. 45	Abgasemissions- und Kraftstoffverbrauchsprognosen für den Pkw-Verkehr in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum von 1970 bis 2000 auf der Basis verschiedener Grenzwertsituationen	DM 50,-
Nr. 46	Bewertung von Personenverkehrssystemen – Systemanalytische Untersuchungen von Angebots- und Nachfrageelementen einschließlich ihrer Wechselwirkungen –	vergriffen
Nr. 47	Nutzen/Kosten-Analyse für einen Pkw-Frontunterfahrschutz an Nutzfahrzeugen	DM 30,-
Nr. 48	Radlastschwankungen und dynamische Seitenkräfte bei zwillingsbereiften Achsen	DM 40,-
Nr. 49	Studie über die Wirtschaftlichkeit von Verbundwerkstoffen mit Aluminiummatrix im Nutzfahrzeugbau	DM 50,-
Nr. 50	Rechnerische Simulation des dynamischen Verhaltens von nicht stationär betriebenen Antrieben und Antriebselementen	DM 250,-

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen:

DM

Nr. 51	Simulationsmodell – Schwingungsprogramm zur Ermittlung der Beanspruchung von Antriebssträngen –	DM 275,-
Nr. 52	Verwendung von Kunststoff im Automobil und Wiederverwertungsmöglichkeiten	vergriffen
Nr. 53	Entwicklung eines hochgenauen, normfähigen Verfahrens zur Wirkungsgradmessung an Antriebsselementen	DM 160,-
Nr. 54	Erhebung und Auswertung von Straßenverkehrsunfalldaten in der Bundesrepublik Deutschland – Ergebnisse eines VDA/FAT-Fachgesprächs	DM 50,-
Nr. 55	Untersuchungen zur subakuten und chronischen Wirkung von Ottomotorabgasen auf den Säugetierorganismus	DM 75,-
Nr. 56	Pilotzelle zur Steuerung von Batterien in Fahrzeugen mit Elektro- oder Elektro-Hybrid-Antrieb	DM 40,-
Nr. 57	Wirkungen von Automobilabgas und seiner Inhaltsstoffe auf Pflanzen – Literaturstudie –	DM 30,-
Nr. 58	Rekonstruktionen von fünf realen Seitenkollisions-Unfällen – Ergänzende Auswertung der KOB-Daten –	DM 35,-
Nr. 59	Luftqualität in Fahrgasträumen	DM 50,-
Nr. 60	Belastbarkeitsgrenzen und Verletzungsmechanik des angegurteten Pkw-Insassen beim Seitenaufprall Phase II: Ansätze für Verletzungsprädiktionen	DM 95,-
Nr. 61	Erhebung und Analyse von Pkw-Fahrleistungsdaten mit Hilfe eines mobilen Datenerfassungssystems – Methodische und meßtechnische Ansätze für eine Pilotstudie –	DM 35,-
Nr. 62	Technische Erfahrungen und Entwicklungsmöglichkeiten bei Sicherheitsgurten im Fond von Pkw – Ergebnisse eines Symposiums –	
Nr. 63	Untersuchungen über Wirkungen von Automobilabgas auf pflanzliche Bioindikatoren im Umfeld einer verkehrsreichen Straße in einem Waldschadensgebiet	DM 95,-
Nr. 64	Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen – Grundlagen –	DM 75,-
Nr. 65	Quantifizierung der Radlastdynamik bei Einfach-, Doppel- und Dreifachachsen in Abhängigkeit vom Federungs- und Dämpfungssystem des Fahrzeugs	DM 30,-
Nr. 66	Seitenverkleidung am Lkw – Technische Analyse	DM 50,-
Nr. 67	Vorstudie für die Durchführung von Träcermessungen zur Bestimmung von Immissionskonzentrationen durch Automobilabgase	DM 30,-
Nr. 68	Untersuchung fahrdynamischer Eigenschaften kurzgekuppelter Lastzüge bei Kursänderungen	DM 85,-
Nr. 69	Abschlußbericht der Pilotstudie zum Fahrleistungspanel „Autofahren in Deutschland“	DM 85,-
Nr. 70	Herstellung und Analyse charakteristischer Abgaskondensate von Verbrennungsmotoren für die Untersuchung ihrer biologischen Wirkung bei nichtinhalativen Tests	DM 55,-
Nr. 71	Bewertung von Personenverkehrssystemen – Teil II: Auswirkungen aus Angebots- und Nachfrageänderungen im Personenverkehr	DM 65,-
Nr. 72	Untersuchung über das Emissionsverhalten der Leichtmüllfraktion aus Autoshrredderanlagen beim Verbrennen	DM 30,-
Nr. 73	Verletzungsfolgekosten nach Straßenverkehrsunfällen	DM 95,-
Nr. 74	Sicherheitsorientierte Bewertung von Anzeige- und Bedienelementen in Kraftfahrzeugen – Empirische Ergebnisse –	DM 85,-